

基本馆藏

354996

现代应用数学丛书

# 穿孔卡计算机

〔日〕森口繁一著



上海科学技术出版社

1  
068

统一书号 13119·578

定 价 0.44 元

現代应用数学丛书

# 穿孔卡计算机

〔日〕森口繁一 著

刘 源 張 譯

上海科学技术出版社

## 内 容 提 要

本书是日本岩波书店出版的现代应用数学丛书之一的中译本,介绍穿孔卡计算机的原理和用法,以 IBM 602-A 型机器为例来作说明。全书共四章。第一、二两章介绍基本机械和辅助机械,第三、四两章介绍这种计算机在统计分析和科学计算中的应用,最后有附录一篇,介绍 UNIVAC-60 机的基本配线。本书可供实际计算工作者参考。

パンチカード計算機械

〔日〕森口繁一

岩波书店 1957

现代应用数学丛书

穿孔卡计算机

刘源张 译

---

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业许可证出 093 号

---

上海市印刷六厂印刷 新华书店上海发行所发行

---

开本 850×1168 1/32 印张 2 22/32 排版字数 80,000

1964 年 7 月第 1 版 1984 年 7 月第 1 次印刷 印数 1—3,400

统一书号 13119·578 定价(科六) 0.44 元

## 出版說明

这一套书是根据日本岩波书店出版的“現代应用数学讲座”翻譯而成。日文原书共15卷60册,分成A、B两组,各編有序号。現在把原来同一題目分成两册或三册的加以合并,整理成42种,不另分組編号,陸續翻譯出版。

这套书涉及的面很广,其內容都和現代科学技术密切有关,有一定参考价值。每一本书收集的資料都比較丰富,而敘述扼要,篇幅不多,有利于讀者以較短時間掌握有关学科的主要內容。虽然,这套书的某些观点不尽适合于我国的情况,但其方法可供参考。因此,翻譯出版这一套书,对我国学术界是有所助益的。

由于日文原书是1957年起以讲座形式陸續出版的,写作時間和篇幅的限制不可避免地会影响原作者对內容的处理,为了尽可能地减少这种影响,我們在每一譯本中,特請譯者或校閱者撰写序或后記,以介紹有关学科的最新发展状况,并对全书內容作一些評价,提出一些看法,結合我国情况补充一些資料文献,在文内过于簡略或不足的地方添加了必要的注釋和改正原书中存在的一些錯誤。希望这些工作能对讀者有所帮助。

承担翻譯和校閱的同志,为提高书籍的质量付出了巨大劳动,在此特致以誠摯的謝意。

欢迎讀者对本书提出批評和意見。

上海科学技术出版社

## 譯 者 序

一般认为,穿孔卡计算机是企业、事业单位进行会计或统计工作时所用的工具,而在科学技术的计算工作中要用的是电子计算机。现在看来,也不尽然。正如本书中所介绍的那样,在小型的IBM 602-A 上也可以进行一定的科学技术计算。关键在于如何根据问题的性质和穿孔卡的特点来组织各种不同用途的机械,使其相互配合、发挥作用。从本书中可以学到这方面的技巧。

虽然电子计算机具有运算速度快和存储量大的优点,但是解题时进行程序设计所需的时间是比较长的。与此相反,利用穿孔卡计算机进行科学技术计算,虽然在机械的操作上费些时间,但是程序设计很简单。因此,有时对于一个特定的问题,用后者去作倒反而来得快。再考虑到计算工作上两者所需的费用的不同,后者往往就显得更为有利。从这个意义上来说,统计分析的计算和大部分的运筹计算都可以有效地使用穿孔卡计算机。

可能因为篇幅与时间的关系,有一个重要的方面在这本书里没有提到,就是模拟实验。日常遇见的一类运筹问题,往往要通过模拟实验求得解决,或对解进行验证。这里面的一个主要工作就是发生符合问题需要的随机数。其余就是问题的现象的模拟和定量分析。这些工作也都可以在穿孔卡计算机上进行。

本书中作为主要依据的机械是美国国际商业机械公司的产品。尽管目前国内使用的穿孔卡计算机可能有种种不同的机械构造和配线方式,但本书的内容仍然是有很大的参考价值。译者也希望通过这本书的介绍,能提高国内穿孔卡计算机的利用。

需要说一下术语的翻译问题。由于国内已经出版的电信和计

算技術詞匯等書里，很少有穿孔卡計算機方面的術語，大部分的術語漢譯都是自擬的。如有不妥之處，尚請讀者指正。再者，書中說明配綫的部分，術語皆依照原著以英語寫出，因為這樣可使對照配綫圖閱讀時方便些，而且這些術語也往往都是在前文中已譯出過的。

最後借此機會深深感謝著者惠贈原書和有关資料的好意。

劉 源 張

1963 年 6 月于北京

## 前 言

利用卡片上所穿的孔来表示数值、且以穿有这种孔的卡片来进行计算的机械,最初是作为统计机械而发明的,后来以会计机械乃至事务机械的形式发展着,近几年来在统计分析和科学技术的计算(包括为了取得经营上的决策所需的资料而进行的 OR 计算<sup>①</sup>)方面也都使用着。由于这样的使用状况,有必要在求解问题的人和机械专家之间建立共同的语言,本书的目的就是想在这方面作一个向导。

由于在日本目前最普遍使用的机械类型是 IBM<sup>②</sup>的产品,所以本书将以这种产品为主(附录中也提到 UNIVAC-60<sup>③</sup>),并以若干问题作为具体例子来进行介绍。虽然如此,所述内容对一般来说还是有用的。对于那些想利用机械计算在自己的研究工作中开辟新园地的读者,具有上述水平大体上已敷应用。同时作者深信,增加一些掌握了这方面知识的机械计算爱好者也是目前大家所期望的。

再者,本书中所用到的例子,大部分是日本科学技术协会 PC<sup>④</sup>委员会的委员们实际试验研究过的,是未能一一举名的许多先生共同协作的成果,在此谨向这些先生们致以衷心的感谢。

S. M.

1957 年 6 月 7 日

① OR 是运筹学的英文原名 Operations Research 的缩写。OR 计算意即运筹计算。——译者注

② IBM 为美国国际商业机械公司 (International Business Machines Corporation) 的简称。——译者注

③ 美国 Remington Rand 公司出品的一种穿孔卡计算机, UNIVAC-60 是其牌号。——译者注

④ PC 是穿孔卡 (punch card) 的缩写。——译者注



# 目 录

出版說明

譯者序

前言

第1章 基本机械 .....	1
§ 1 穿孔机、檢孔机 .....	1
§ 2 分类机 .....	3
§ 3 會計机 .....	4
第2章 輔助机械 .....	9
§ 4 翻譯机 .....	9
§ 5 复写穿孔机 .....	11
§ 6 校对机 .....	18
§ 7 計算穿孔机 .....	25
第3章 統計分析 .....	35
§ 8 因素分析 .....	35
§ 9 自相关 .....	42
§10 回归分析 .....	47
第4章 科学計算 .....	48
§11 綫性計算 .....	48
§12 定积分 .....	51
§13 代数方程 .....	54
§14 常微分方程 .....	57
§15 万能計算盘 .....	60
附录 UNIVAC-60 的基本配綫 .....	66
参考书 .....	77

## 第1章 基本机械

## § 1 穿孔机、檢孔机

在卡片上穿孔用穿孔机(punch), 检查这些孔是否穿得正确  
则用检孔机(verifier)。

数字式穿孔机的键盘有着象图 1.1 那样排列的键。将卡片放到规定的位置，看着 1, 2, ..., 9 按键，就可看到在卡片上各个数字的地方穿出了孔来。再按 0, X, Y，则卡片上的 0 和它上面空栏的地位就穿出了孔来(图 1.2)。

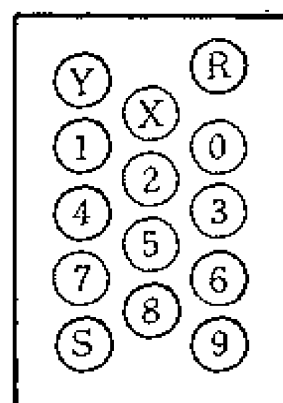


图 1.1 数字式穿孔机的键盘

X 孔也称为“11”，但它既不是表示英语字母 X，也不是表示数字 11。它被用来表示卡片上的特殊标志，或者表示页数。类似地，Y 孔也称为“12”，这仍不过是一个名称而已。

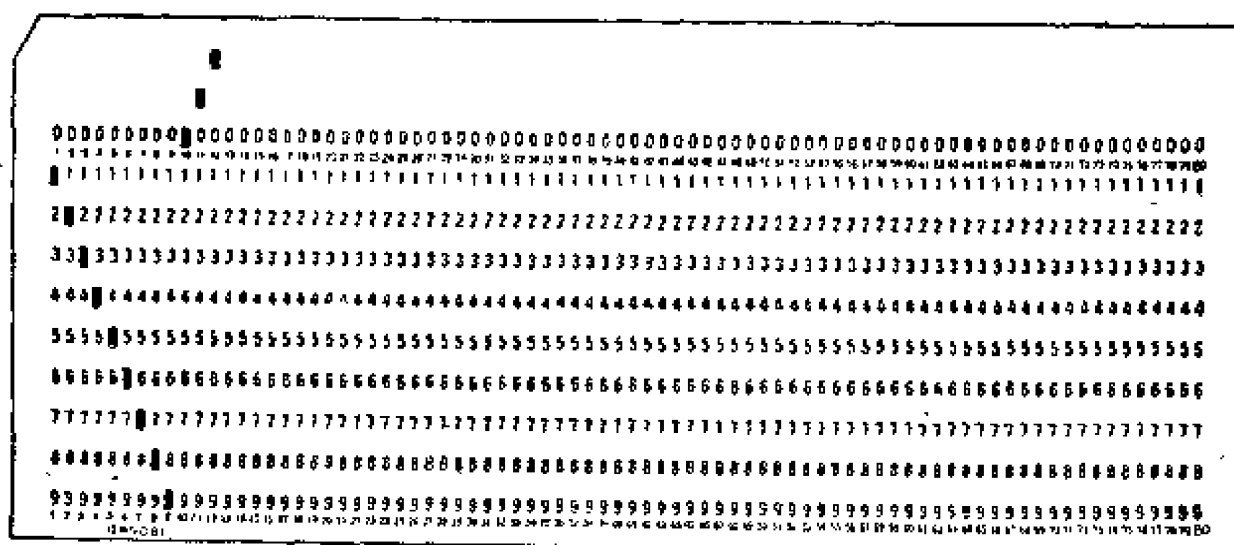


图 1.2 数字的穿孔

其次,若按 S (space) 键, 则卡片在这一纵行(column)上就不穿孔而进到下一行。若按 R (release) 键, 则一般是一直跳到最后的第 80 行才停下。这时,再按一下 S 键, 卡片就落到受卡盒(stacker)中。

英語字母式的穿孔机除了有与上述同样的键之外, 还有与普通打字机完全一样排列的英語字母键。将标有 A, B, ..., Z 等的键按下, 就穿出图 1.3 那样的孔。也就是说, 英語字母是用同一行中穿两个孔来表示的。取 X, Y, 0 中的一个与 1~9 中的一个组合起来可得  $3 \times 9 = 27$  种组合, 只要除去其中 0 与 1 的组合, 就可将其余的 26 种组合与 A~Z 的 26 个英語字母相对应。

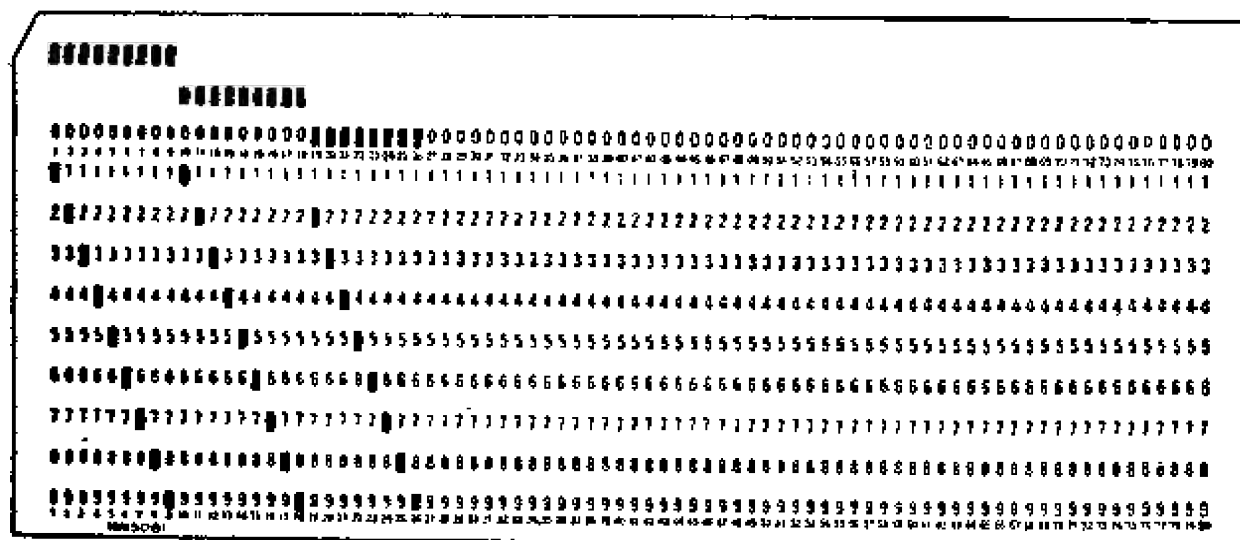


图 1.3 英語字母的穿孔

檢孔机做得与穿孔机具有相同的形式, 用法也是相同的。不同的地方是: 若所按下的键上的数字(或文字)与已穿好的孔一致, 则卡片就前进, 若二者不一致, 就有紅灯亮而卡片停留不动。让非穿孔工作人员用檢孔机进行检查, 若卡片顺利通过, 就可以认为孔都穿对了。

一小时打 2 万字(即按键次数 2 万次)的穿孔作业速度可以算

是很高明的了。而对熟练者来说,错误大约可以低到打几千字只出一个的程度。

## §2 分 类 机

分类机 (sorter) 是根据指定的行上所穿的孔来进行分类的机械。

把卡片放到送卡盒里,使印刷面向下,“9”的一边在前 (face down, “9” edge first), 再把电刷对准到指定的行上,这时,若按一下起动开关,则在卡片通过电刷和滚筒之间的时候,就可用电的方法将孔读出,而把卡片送到与孔相对应的受卡斗里。至于那一行上没有穿孔的卡片,则将落到 R (reject) 受卡斗里。

速度有 1 分钟 450 张的和 650 张的。

**例 1** 有 343 张卡片,它们在 C1~3 (第 1 行~第 3 行) 上具有从 001 到 343 的一串号码。这些卡片以不规则的次序排在一起。现在试将它们按这串号码的顺序排列起来。

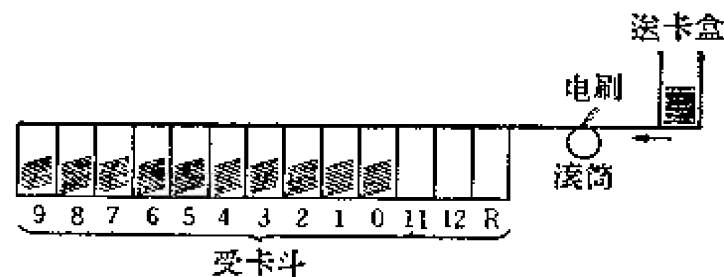


图 2.1 分 类 机

先把电刷对准到 C3 (column 3, 第 3 行) 来进行分类。从 0 受卡斗开始,依着 1, 2, ..., 9 的顺序将卡片取出来(对它们分别进行透光检视,确定一下分类有没有错),把印刷面向下且按顺序迭起。再将它们放到送卡盒里,把电刷移到 C2 来进行分类。对结果作同样的处理,再对 C1 进行分类。然后同样依 0, 1, 2, ..., 9 的顺序取出(同时进行校对)而迭在一起,就得到了按这串号码顺序地排好的卡片。

[注] 象上述那样用机械进行分类的时候,过程是从个位数开始,然后

十位、百位,顺序地沿高位数的方向进行。在进行有大分类、中分类、小分类的几个等级的分类时,也是从小分类(minor)开始向大分类(major)前进的。这种方式称为从小到大的分类(minor to major sorting)。

**例2** 有108张卡片,它们的C21~24上穿有随机数的孔,试将它们按随机的顺序排起来。

这只要将卡片按随机数的大小次序排列起来就行了。所以可从C24开始,对C23, C22, C21依次进行分类。

[注] 在卡片上穿上随机数,然后依它们的大小次序排起来的方法,被用于实验顺序的随机化上(参看§8的例子)。在作抽样调查的随机抽样时,也是这样随机地排好,而后取最初的 $n$ 张( $n$ 是样品的数目)就行了。

### §3 会 计 机

称为会计机(accounting machine)或制表机(tabulator)的机械,就是将印刷装置和加减计算装置放在一起而组成的设备,它是在穿孔卡机械组织中起核心作用的主要机械。

把卡片(印刷面向下,“9”的一边在前)放入送卡漏斗。让它们通过上电刷(upper brushes)和下电刷(lower brushes)而进入受

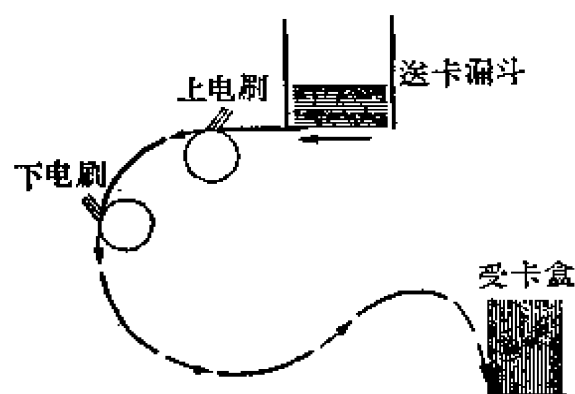


图 3.1 会计机卡片的传动方式

卡盒(图 3.1)。

印刷是利用打字杆(type-bar)来进行的。88根打字杆同时升起,各自停在适当的地方,铅字被小锤敲一下,就在某一行上进行一次印刷(图 3.2)。88根之中,

左边的43根有着英语字母和数字,因此称为字母数值打字杆(alphamerical type-bar);右边的45根只有数字,所以称为数值打字杆(numerical type-bar)。

加减计算是利用计数器(counter)来进行的。机械中装有各

种不同位数的计数器,全部合在一起則有 80 位。

給予机械的指令,除了开关和鍵以外,是借助于配綫盘 (control panel, plugboard) 来詳細地給出的。

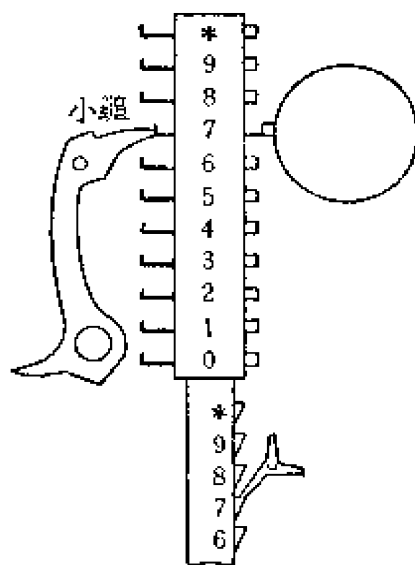


图 3.2 打 字 杆

**例 1** 試將卡片上的穿孔內容照樣地印刷到紙帶上去 (listing)。

配綫象图 3.3 那样,只要將下电刷从卡片各行讀出的脉冲,分別送入适当的打字杆的登記輸入口 (list entry) 就行了。虽則在图 3.3 中,例如 LOWER BRUSHES 的 1 和 2 分別配綫到 NUMERICAL TYPE-BAR LIST ENTRY 的 1 和 2 上,但我們規定采用象图上那样的表示方法。

**例 2 小計的計算** 对于数据  $x_{ij} (i=1, \dots, k; j=1, \dots, n_i)$ , 試求出各組的小計

$$T_i = \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \quad (i=1, \dots, k).$$

在卡片的設計象图 3.4 那样的时候,先对 C4, C3 进行分类,然后使它們通过象图 3.5 那样配綫的會計机就行了。

ALPHABETIC ACCOUNTING MACHINE PUSHDOWN  
TYPE 445 WITH KEY-BALANCE COUNTERS AND AUTOMATIC COUNTER PUSHDOWN CONTROLS

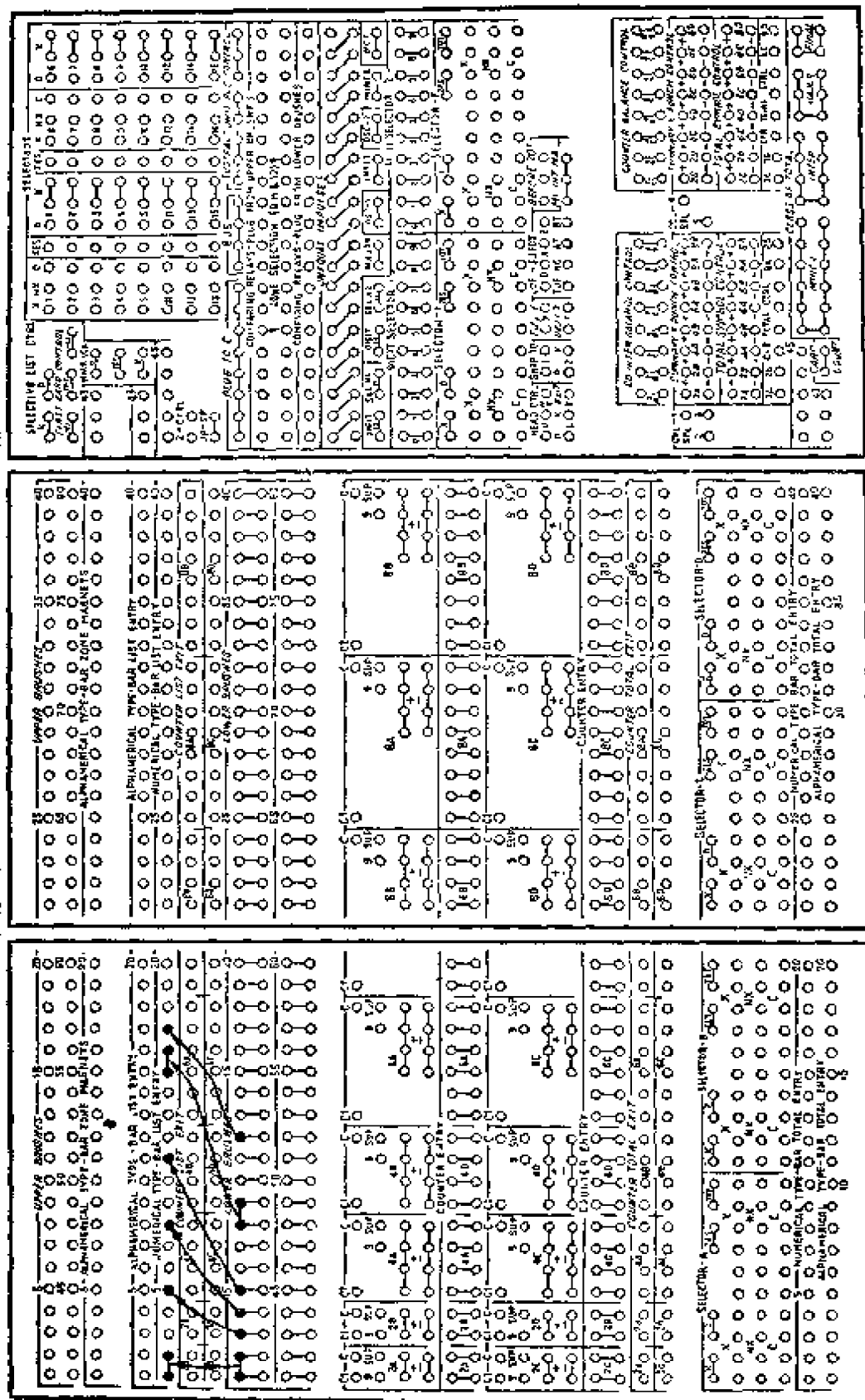


图3.3 登記的配線

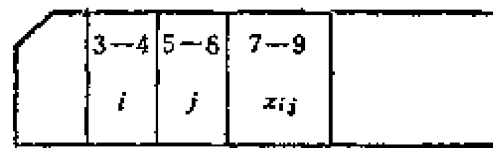


图 3.4 卡片的设计

【配线说明】 ①：登记号码  $i$ 。②：将下电刷读出的数值  $x_{ij}$  送入计数器 6A。③：从 PLUG TO "C" 配线到计数器 6A 的 + 的插孔，送入计数器进行加法运算的指令（这样作好就可在每一个卡片周期内进行加法运算）。④，⑤：把从上电刷读出的号码  $i$  和从下电刷读出的号码  $j$  送入比较继电器进行比较，两者不相等时就意味着到了组与组的分界处（就是，第  $i$  组的最后一张卡片通过下电刷，第  $i+1$  组的最初一张卡片通过上电刷）。⑥，⑦：若进入比较继电器的脉冲不相等，就发出“不等脉冲”（“unequal impulse”）。不论它是在号码  $i$ （这里考虑 2 位）的哪一位上发生，都有脉冲进入 MINOR 的插孔。依靠这脉冲使卡片的传动中断，并进行周期小计（total cycle）。⑧：利用周期小计中 MINOR 送出的脉冲，清除计数器 6A（退回到零），同时发出将在这里所得到的总和印出的指令。⑨：计数器 6A 的内容在配线⑧所指定的周期中从 TOTAL EXIT 输出，送入 TYPE-BAR 进行打印。⑩，⑪（这些不是配线）：它们将对应于送入的有效数字的最后一位的小键分离杠杆（这里就是 numerical type-bar 的 10 和 18）升起；若不这样作，就会在它右边排上一串没有意义的 0。



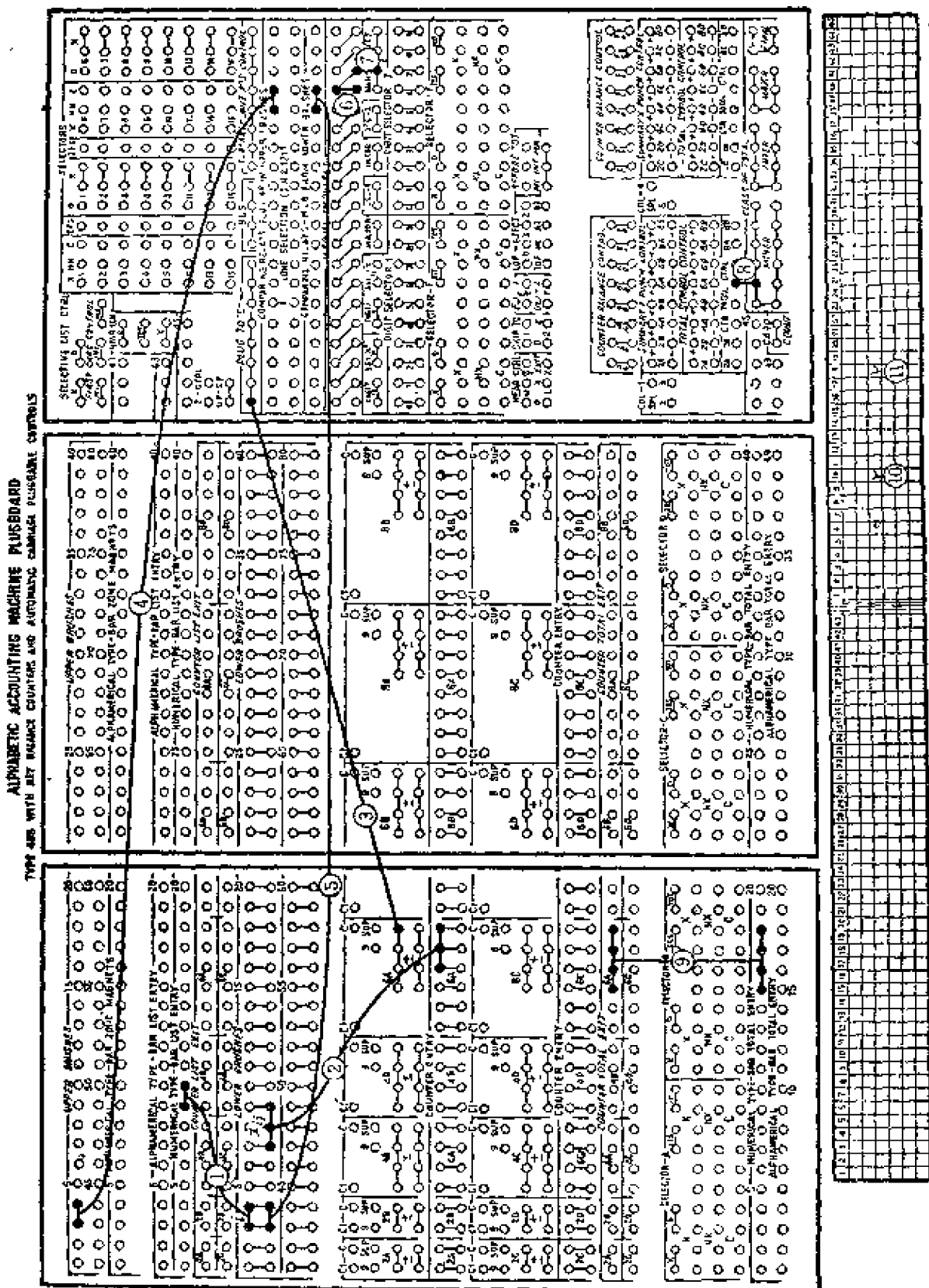


图3.5 小計的計算

## 第2章 輔助機械

## §4 翻 譯 机

將卡片的穿孔內容打印到卡片上面時用翻譯機(interpreter)。

翻譯機的配綫非常簡單，從 READING BRUSHES 的插孔到 TYPE BARS 的插孔可以隨意配綫。打字杆有 60 根，在卡片面上從 C01 到 C80 的範圍內全部占滿，可以打印 60 個數字（或英語字母）。並且在卡片上有上下兩排印刷位置（卡片的上方，“12”孔的上邊和下邊），上下位置的轉換是用機械后面的手柄來實現的。

**例** 試將卡片上 C1~2, 3, 4, 5, 8, 9, 12 的穿孔內容, 分別由打字杆 1~2, 5, 7, 9, 11, 12, 13 翻譯印刷出來。

配綫可布置成象图 4.2 那样,所得的结果則象图 4.1 所示。

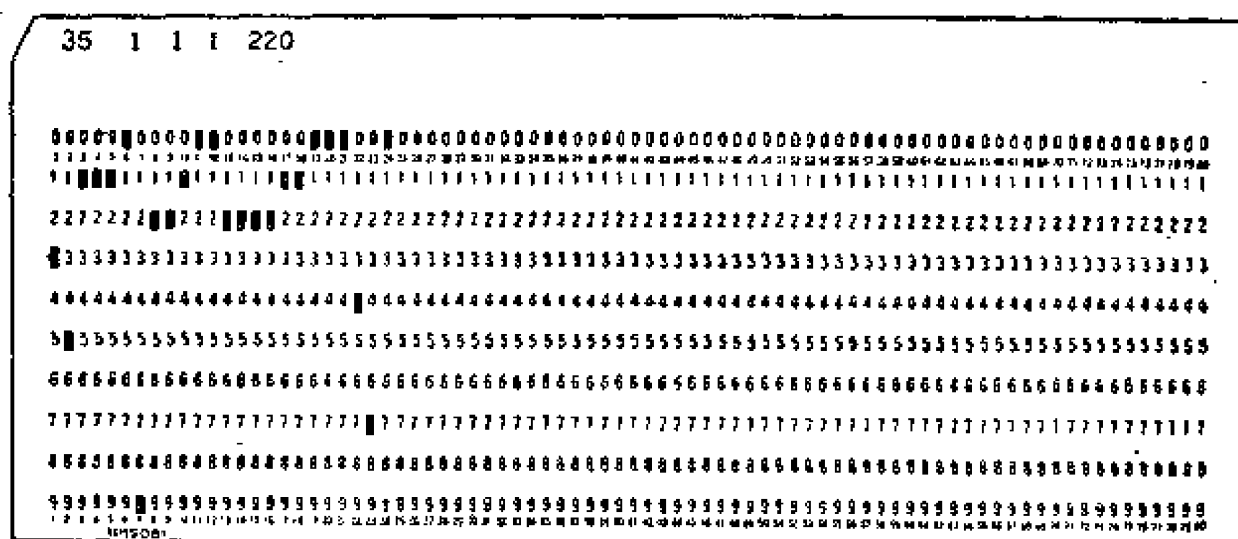


圖 4.1 翻譯印刷的結果

〔注〕在翻譯机上把卡片放进漏斗时，是与普通的机械相反，即将印刷面向上而“12”的一边(上边)在前这样放进去的。

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION  
ALPHABETIC INTERPRETER, TYPE 552, CONTROL PANEL

## CONTROL PANEL

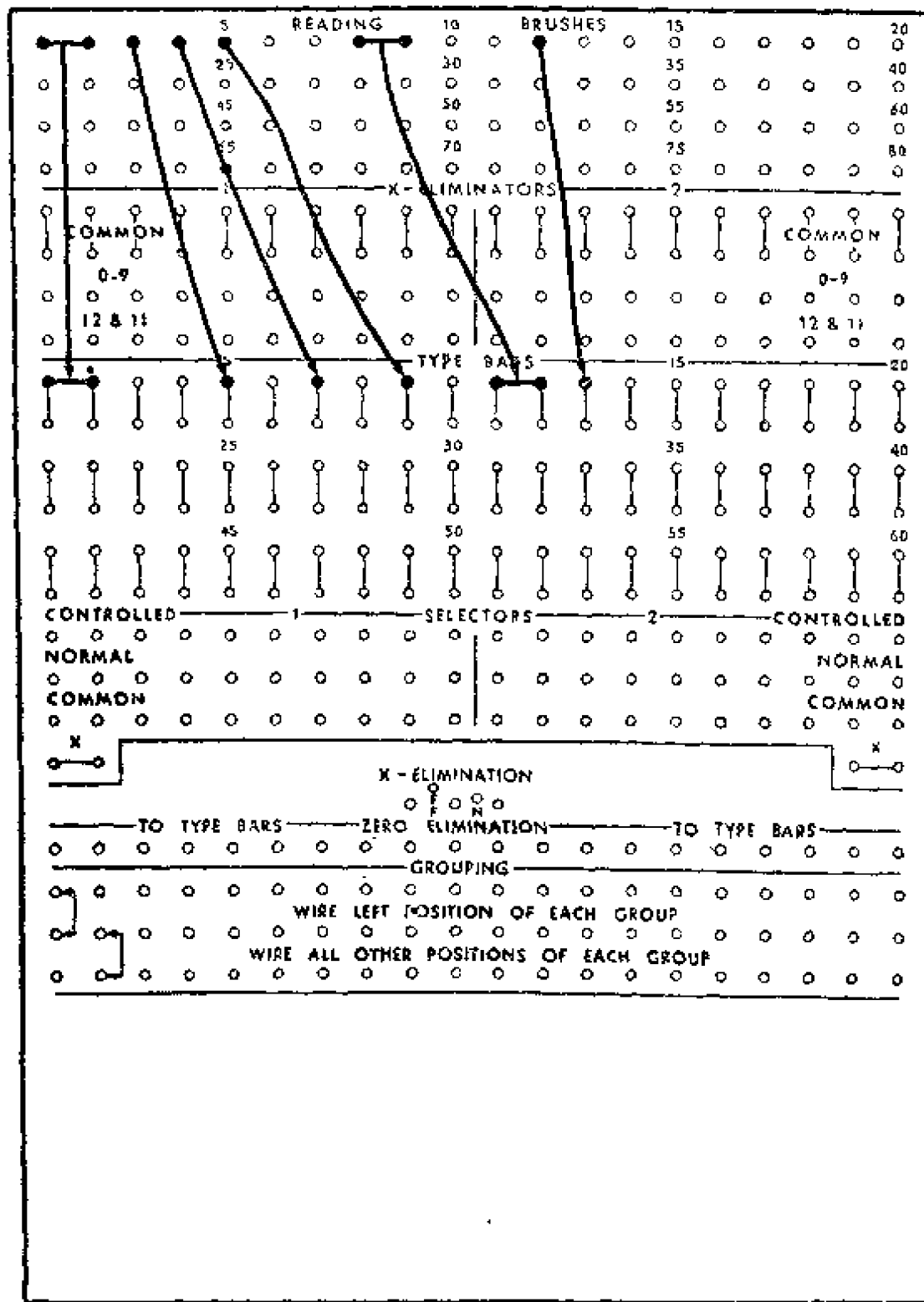


图 4.2 翻译机的配线

## §5 复写穿孔机

将一组卡片的内容往另一组卡片上进行复写 (reproducing), 以及将同样的内容在一组卡片上进行集体穿孔或成组穿孔 (gang punching) 时, 使用复写穿孔机 (reproducing punch, reproducer)。

在复写穿孔机的卡片通路上装有读取装置 (reading unit) 和穿孔装置 (punching unit) (图 5.1)。从漏斗 ( $H_1$ ,  $H_2$ ) 到受卡盒 ( $S_1$ ,  $S_2$ ) 之间不论哪一边都有两个关卡。卡片的传动在时间上是配合好的。就是说, 从  $H_1$  进来的一张卡片在通过复写电刷 (reproducing brush) 时, 与它对应的卡片则从  $H_2$  进来而正通过穿孔磁铁 (punch magnet) 的地方。而且两张卡片上 “12”, “11”, “0”, “1”, ..., “9” 的各个位置通过这些关卡的时刻, 都是一致的。这样, 在读取装置这边送入原版卡片 (master card), 在穿孔装置一边送入空白卡片 (blank card), 把由复写电刷从原版卡片读出的脉冲送入穿孔磁铁, 就在空白卡片上穿上了与原版卡片相同的孔, 这就是复写的原理。

复写是否象所期望的那样进行, 可以利用第二道关卡来检查。这就是将比较电刷 (comparing brush) 读出的脉冲与穿孔电刷 (punch brush) 读出的脉冲送入比较装置的比较磁铁 (comparing

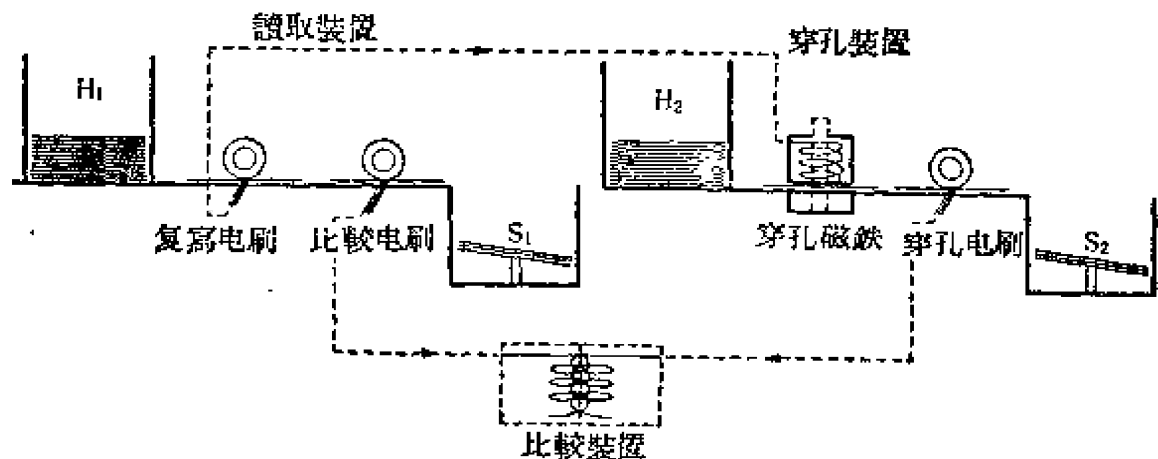


图 5.1 复写穿孔的原理

# AUTOMATIC REPRODUCING PUNCH, TYPE 513 CONTROL PANEL FOR SUMMARY PUNCHING-ALPHABETIC ACCOUNTING MACHINE

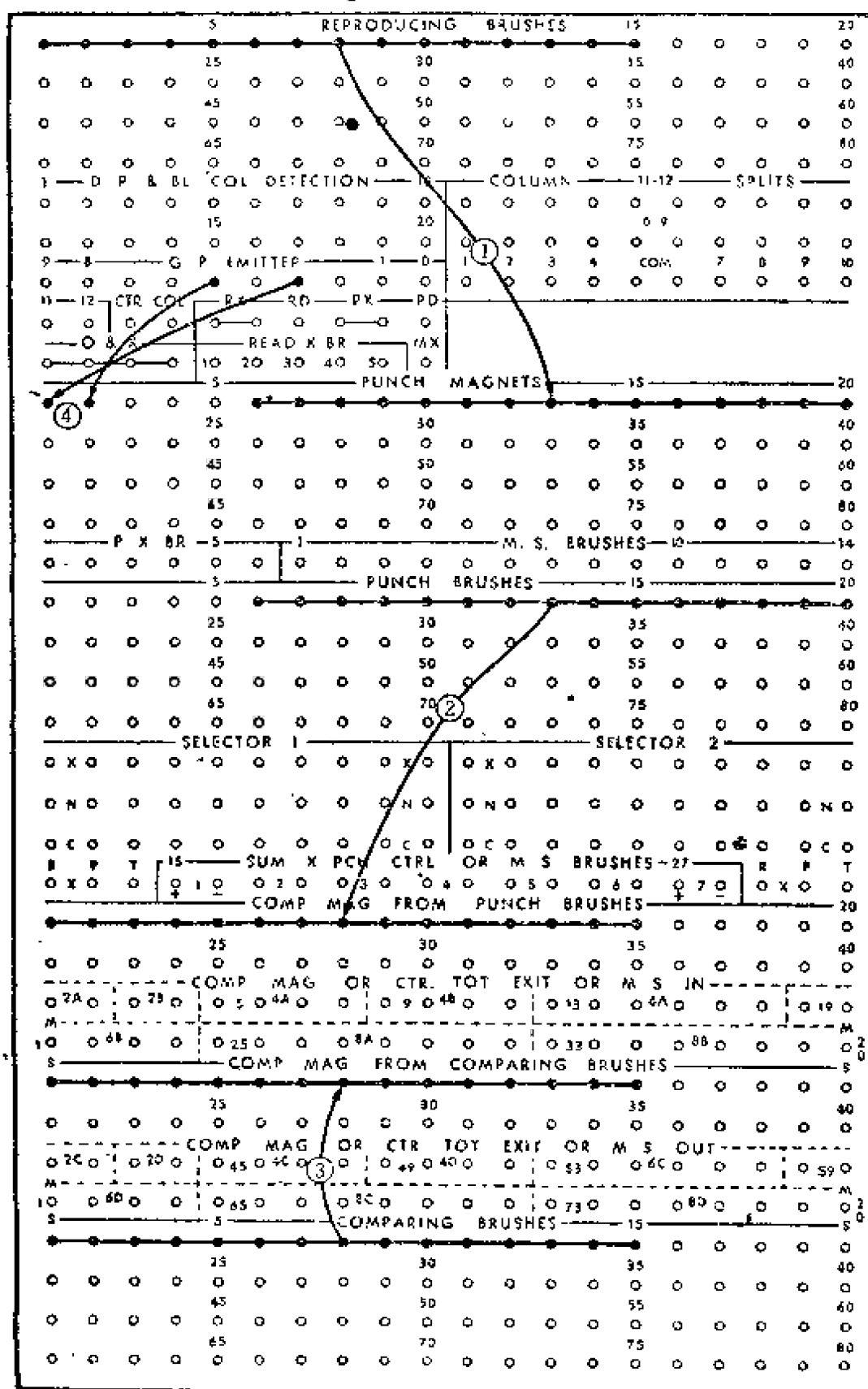


图 5.2 复写和集体穿孔的配线

magnet);当双方的孔不一致时,机械停車,紅灯亮。并且一看比較指示器 (comparing indicator),就知道在第几号的比較磁鉄处檢查出錯誤來了。

**例 1** 試將原版卡片上 C1~15 的穿孔內容,复写到空白卡片的 C6~20 上。

配綫可布置成象图 5.2 的 ①~③ 那样。① 是从 REPRODUCING BRUSH 到 PUNCH MAGNET 的配綫;②,③ 分別是从 COMPARING BRUSH 和 PUNCH BRUSH 到 COMPARING MAGNET 的配綫。

[注] 例如,原版卡片是一組 54 張,則空白卡片只要放进比 54 張多的任意張数就行了。原版卡片沒有了,机械就自动停車,所以这时从漏斗中把剩下的空白卡片取出,要再按一下起动开关。

放入漏斗的卡片要印刷面向下而“12”的一边(即上边)在前。最初按起启动开关时,一定要按上 3 个周期的時間間隔(即一直接到第一張卡片落到受卡盒为止)。

若錯誤檢查出来了,就把漏斗和受卡盒中的卡片全部取出,使比較指示器复原,之后再按起启动开关。这时出来的第一張卡片就是被檢出錯誤的卡片。

要将同样的內容在一組卡片上进行集体穿孔,只要把从 GANG PUNCH EMITTER 来的脉冲送入所要的 PUNCH MAGNET 就行了。

**例 2** 进行例 1 中的复写的同时,試將“35”这个数值在 C1~2 上进行集体穿孔。

只須增添图 5.2 中的配綫④就行了。

这时是这样进行結果檢查的,把出来的卡片排齐对光透視,肯定一下 C1 的“3”和 C2 的“5”是否看得透。

[注] GANG PUNCH EMITTER 在最初第一个周期中不送出脉冲,因此在使用它时,有必要在最前面放进一張空白卡片。并且在檢查时一定要把

最前面的一張去掉后再对光透視。

若干組的卡片迭在一起,要在各組上集体穿孔不同的内容时,可把穿有这些内容的原版卡片一張一張放在各組的最前面,将由穿孔电刷讀出它們的脉冲送入穿孔磁铁,而把同样的内容复写到下面一張卡片上,这張卡片走到穿孔电刷的地方,又同样地把同一内容复写到它下面的一張上(图 5.3)。这称为分散原版的集体穿孔(interspersed master gang punching)。

結果的檢查可以利用讀取裝置,根据图 5.3 所示的原理来进行(与其他組的集体穿孔同时)。

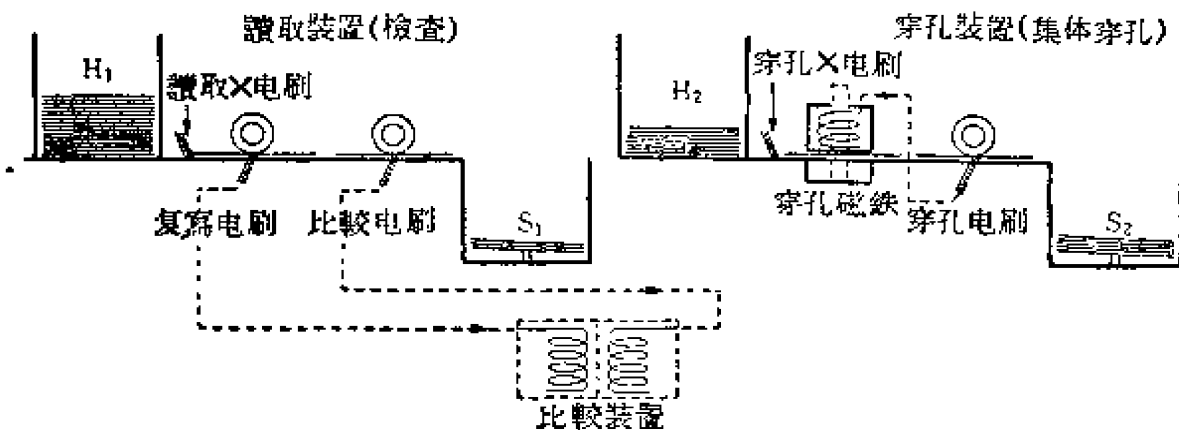


图 5.3 集体穿孔的原理

**例 3** 有每組 9 張卡片的 12 組,全部共 108 張卡片。每一組是用号碼  $i$  ( $=1, 2, 3, 4$ ) 和号碼  $j$  ( $=1, 2, 3$ ) 的組合来标志的。試把号碼  $i, j$  在 C3, C4 上进行集体穿孔。

准备象图 5.4 那样的原版卡片(C80 的 X 表示是原版)12 張,



图 5.4 原版卡片

把它們分別放在相应的各組的最前面,并将全部卡片迭在一起。配綫布置成象图 5.5 那样,把 detail or master 开关(为了給机械指明穿有

“X”的卡片是原版卡片)轉到 X MASTER 一边,并启动机械。

AUTOMATIC REPRODUCING PUNCH, TYPE 513 CONTROL PANEL  
FOR SUMMARY PUNCHING - ALPHABETIC ACCOUNTING MACHINE

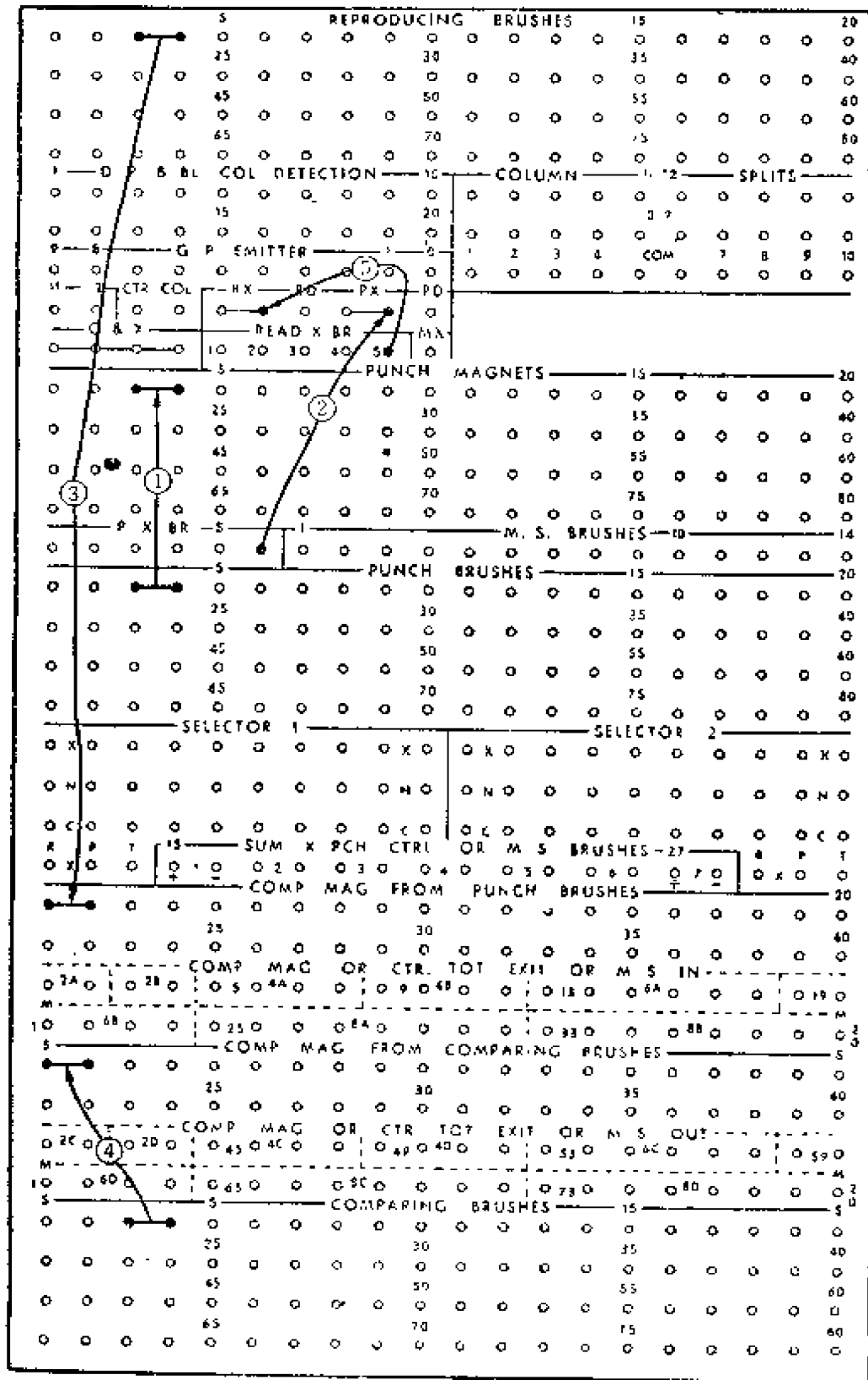


图 5.5 集体穿孔的配线





# **AUTOMATIC REPRODUCING PUNCH, TYPE 513 CONTROL PANEL** **FOR SUMMARY PUNCHING - ALPHABETIC ACCOUNTING MACHINE**

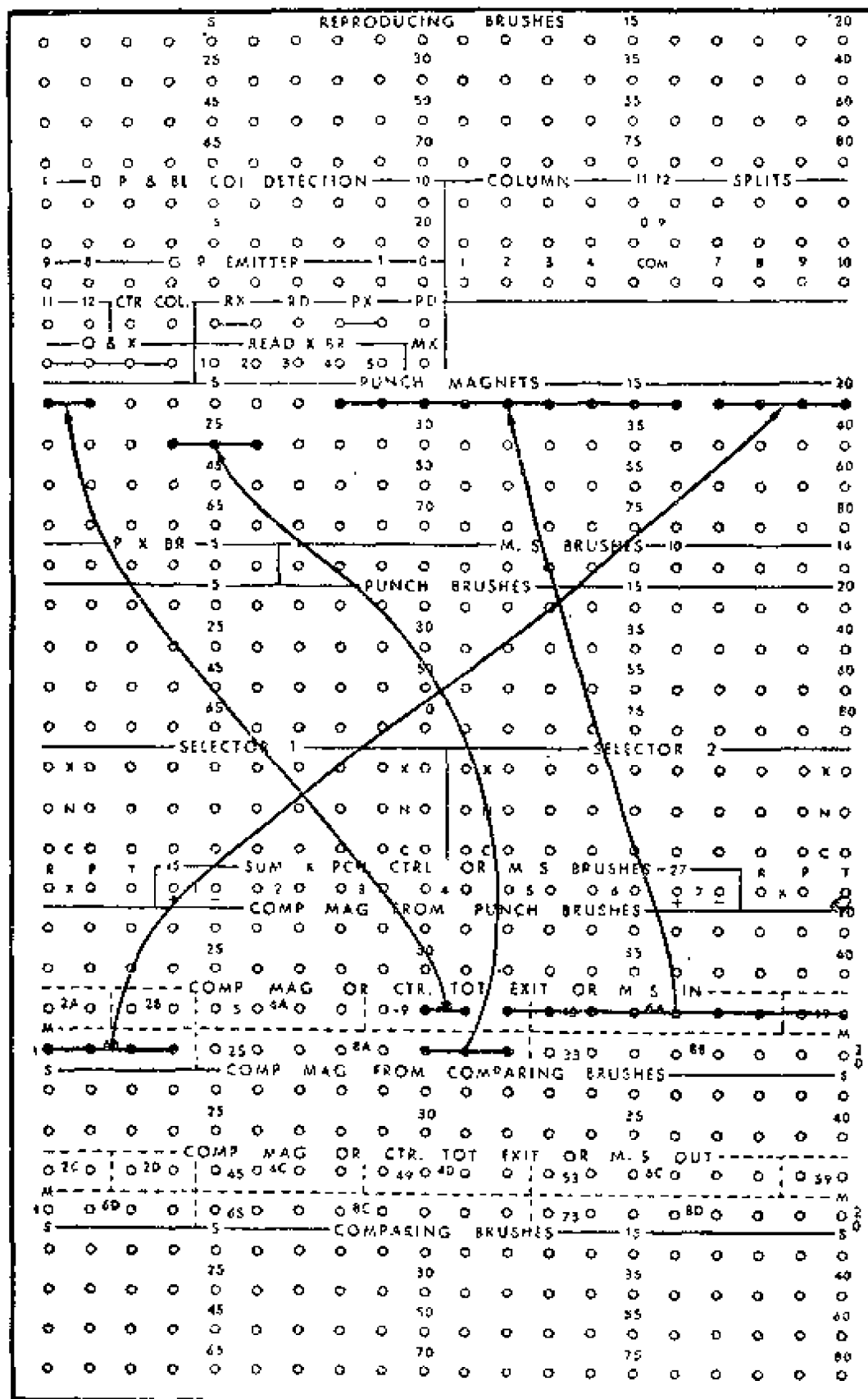


图 5.7 計总穿孔(复写計总穿孔机的配线)

[配綫說明] ①：把前一張卡片上 C3~4 的穿孔內容复写到后一張卡片上。②：在原版卡片通过穿孔磁鉄的周期間，不让进行穿孔的配綫。③，④：为了檢查，把从复写电刷和比較电刷讀出的脉冲送入比較磁鉄。⑤：在原版卡片通过复写电刷的周期間，不让进行比较的配綫。

計总穿孔 (summary punching) 是把在會計机的計数器中得到的总计在新的卡片上穿孔，从而制出計总卡片 (summary card)。

进行計总穿孔时，要把會計机和計总穿孔机 (常用的是兼有这种机能的复写穿孔机) 用电纜連結起来。用电纜傳送的只是計数器的內容，因此即使只是要将分类号碼复写到計总卡片上，也必须先放到計数器中去 (为此使用了 first card control)。

**例 4** 在 108 張卡片中，每 4 張卡片具有相同的 C8, C9, C12。試將这样的 4 張作为一組，把每組的 C25~26 上的数值的小計制成計总卡片，同时把 C1~2, C8~20 的內容复写上去。

依 C12, C9, C8 的順序分类，象图 5.6 那样配綫，將卡片放进計总穿孔 (SUMMARY PUNCH) 开关接通的會計机的漏斗中。再把象图 5.7 那样配綫的复写計总穿孔机用电纜連到會計机，在穿孔裝置的漏斗內放进空白卡片，就可按會計机的起动开关。

[注] 接通 SUMMARY PUNCH 开关，則只有在小計的周期中才进行計总穿孔。除这个开关以外，再接通中計 (INTER SUMMARY) 开关或大計 (MAJOR SUMMARY) 开关，則将在中計或大計的周期中进行計总穿孔 (只能在小計、中計、大計的一种周期中进行計总穿孔)。若把小計周期中沒有清除掉的計数器內容，在每一小計周期中进行計总穿孔，就能实现累計穿孔。

## § 6 校 对 机

校对机 (collator) 是进行卡片的序列檢查 (sequence checking)、混合 (merging) 和配合 (matching) 等的机械。

在校对机的卡片通路上有第一 (primary) 和第二 (secondary) 两个系統 (图 6.1)。从第一送卡漏斗出来的卡片，通过两个关卡后

落到受卡斗 2 (或 1) 中。从第二送卡漏斗出来的卡片, 通过一个关卡后落到受卡斗 2 (或 3 或 4) 中。(若是没有特别的配线, 任何一方的卡片都落到受卡斗 2 中, 但若有了选择配线, 可以由于它的脉冲而使卡片落到其他的受卡斗中。)

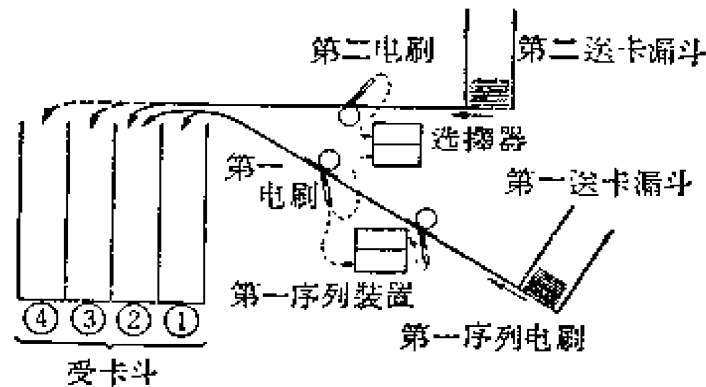


图 6.1 校 对 机

**例 1** 试检查穿在 01~3 上的一串号码有没有顺序颠倒的地方, 或者是否有同号码的卡片连在一起装入 (序列检查)。

配线可布置成象图 6.2 那样, 把卡片放进第一送卡漏斗, 并开机。一遇顺序颠倒的地方, 红灯就亮, 且停机。若有号码相同的卡片连在一起, 则只有最后的一张落到受卡斗 2 中, 其他的将被受卡斗 1 检出。

**[配线说明]** ①, ②: 在每一周期中将卡片送进 (feed) 并且送出 (eject)。③, ④: 把第一电刷 C1~3 和第一序列电刷 C1~3 所读出的脉冲分别送入 1st 和 2nd 的 PRIMARY SEQUENCE MAGNETS, 比较它们的大小。⑤: 为了取出大小判别的结果, 把 CTRL INPUTS (control inputs) 连到 PS (primary sequence unit)。⑥, ⑦: 每一周期使 PS1, PS2 (1st primary sequence, 2nd primary sequence) 都复原, 放进新读出的数值。⑧: 根据大小判别的结果, 若发现进入 2nd PRIMARY SEQUENCE MAGNET 的数值小, 由 ⑤ 进入 PS 的脉冲就从 LOW 2nd PRI 的插孔出来, 于是靠这个配线把它送到 ERROR STOP 的插孔, 机械就自动停車, 并亮起红灯。(在这种场合中, "low 2nd primary" 表示后面来的卡片的号码小, 也就是号码的顺序颠倒了。) ⑨: 1st 和 2nd 相等时, 就从 EQUAL 2nd PRI 的插孔出来脉冲,



COLLATOR, TYPE 77 CONTROL PANEL

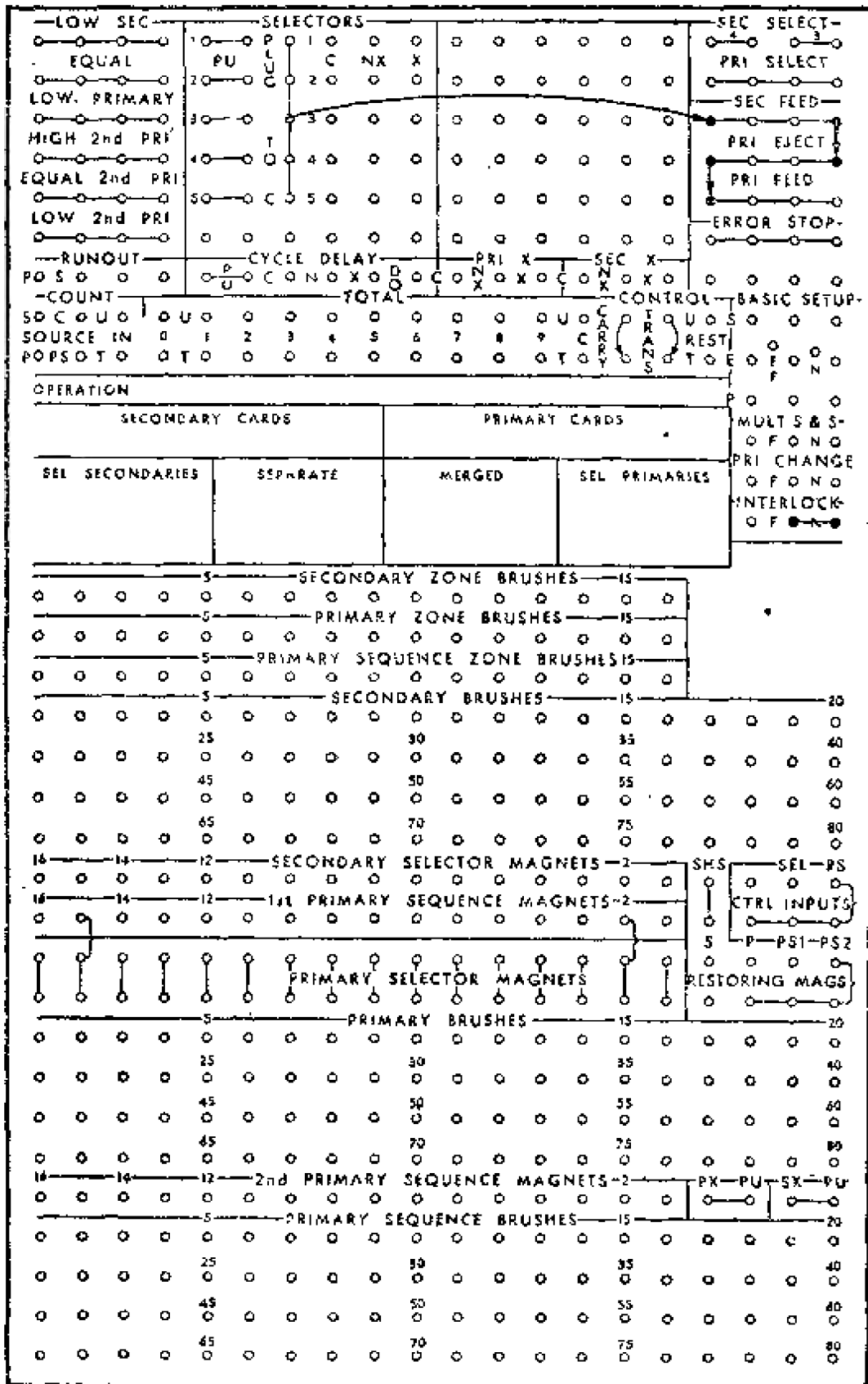


图 6.3 混 合

# COLLATOR, TYPE 77 CONTROL PANEL

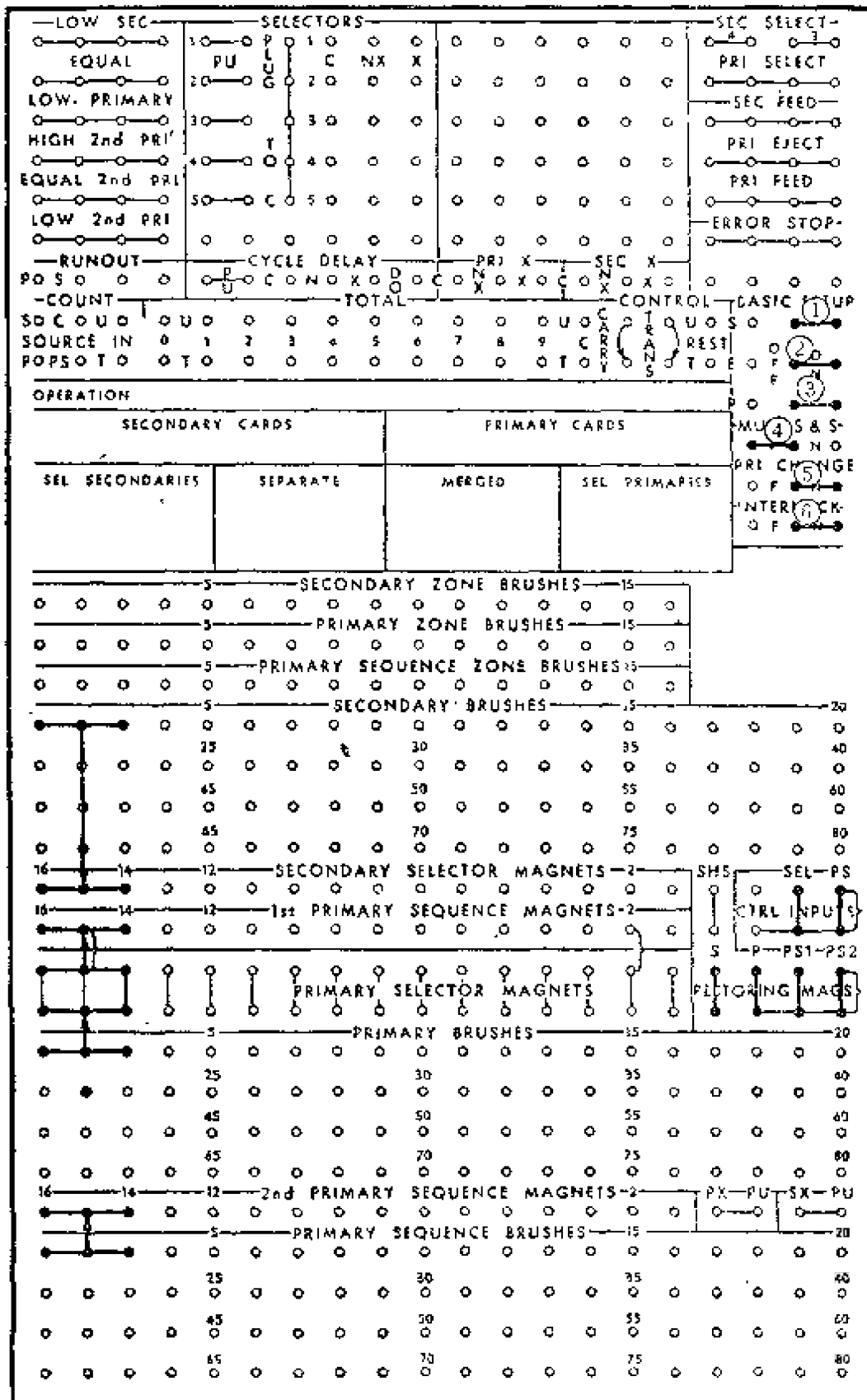


图 6.4 混合(采用基本設置方式)

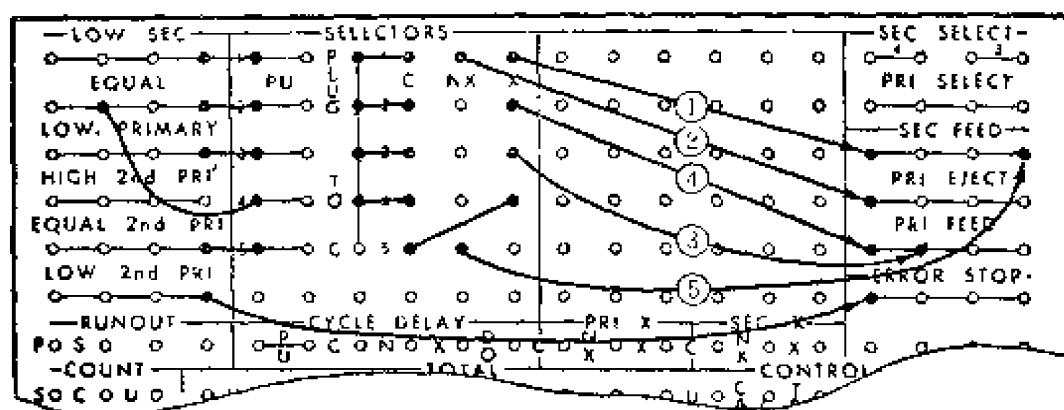


图 6.5 混合(采用其他方式)

把它送到 PRI SELECT 的插孔, 卡片就会落到受卡斗 1 中。这个场合, 在比较周期后立刻进行选择, 因此前面的那张卡片就落到受卡斗 1 中去。⑩: 只使用第一通路时, 把 INTERLOCK 放在 F(off) 上。

[注] 原则上是用从 PLUG TO C 插孔来的脉冲, 作为 FEED, EJECT, SELECT 等的指令脉冲。判别大小结果所发出的脉冲, 也可象 ⑧ 和 ⑨ 那样直接用作这些指令, 但是在复杂的配线中最好还是由它启动选择器, 再由这个选择器选出从 PLUG TO C 来的脉冲作为指令(见图 6.5)。

**例 2** 试将两组卡片 ( $A_1, A_2, \dots$  的一组 和  $B_1, B_2, \dots$  的一组) 混合起来, 使成  $A_1 B_1 A_2 B_2 \dots$  (混合)。

象图 6.3 那样地配线, 把 A 组放进第二送卡斗, B 组放进第一送卡斗, 之后开机。卡片在每一周期中被送出来, 都落到受卡斗 2 中。这时, 因第二路卡片的路程短一些, 所以  $A_1$  先落进去, 在下一周期中  $B_1$  和  $A_2$  一起 ( $B_1$  在下面) 落进去, 以下同样地进行。

[注] 在这个场合中, 卡片的穿孔内容完全不需加以考虑, 因此, 也可用来混合空白卡片①。

**例 3** 试将分别按 01~3 上的号码顺序排的两组卡片, 依号码的顺序混合起来。

配线布置成象图 6.4 那样, 一组放入第一送卡斗, 另一组放入第二送卡斗, 然后开机。

① 有时要混合色彩不同的空白卡片。——译者注



## COLLATOR, TYPE 77 CONTROL PANEL

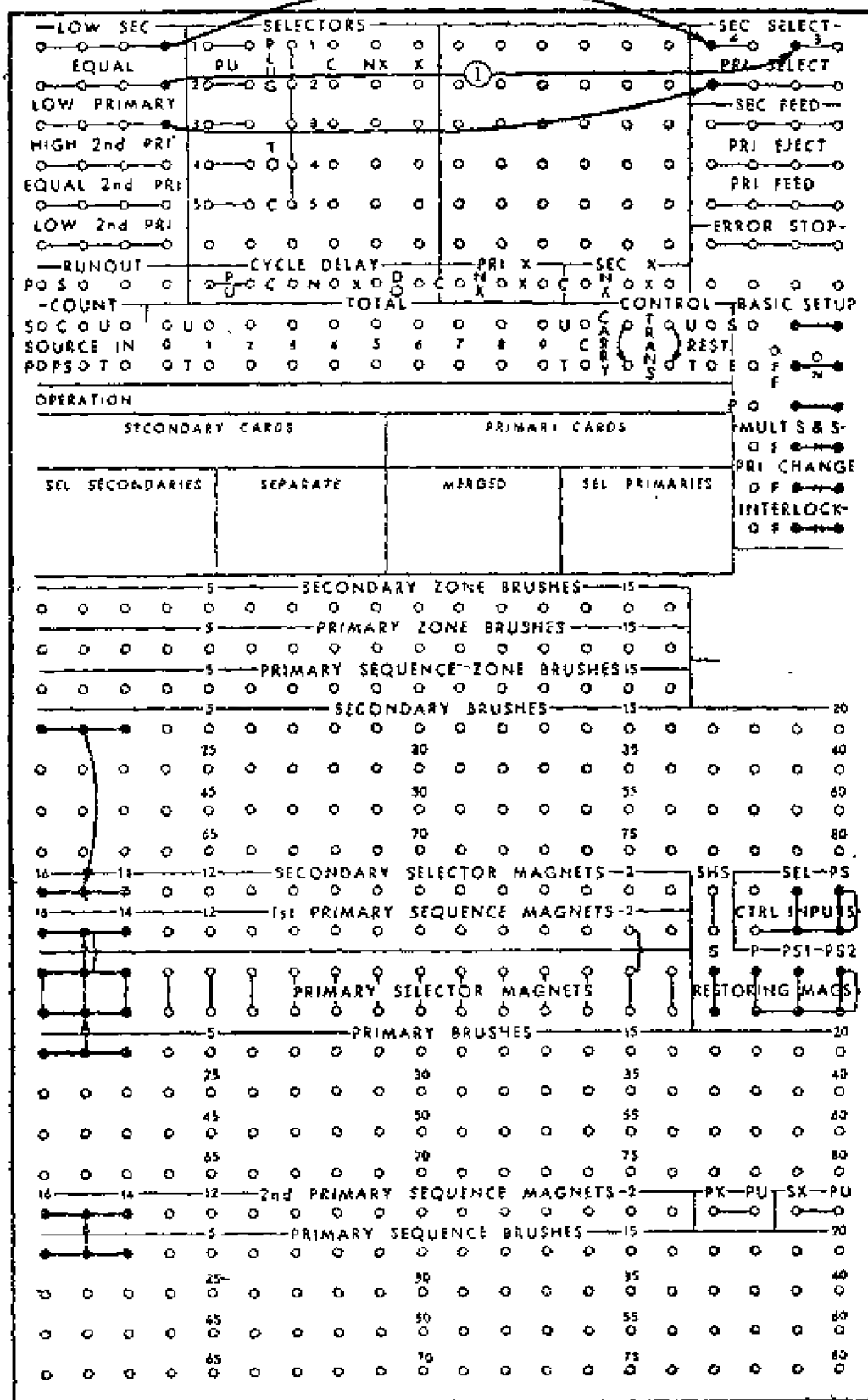


图 6.6

〔配綫說明〕 图 6.4 和图 6.5 上相同号碼的配綫是（大体上）互相对应的。依靠这些配綫，当第一电刷和第二电刷（图 6.1）讀出的号碼在选择器中比較的結果是 LOW PRIMARY（第一通路方面的号碼小）或是 EQUAL（相等）时，則第一通路的卡片被送出；結果若是 LOW SECONDARY，則第二通路的卡片被送出。此外，这个比較結果是 EQUAL，但序列裝置中的比較結果不是 EQUAL，在这場合下靠⑤将第二通路卡片送出（最后的这根配綫即使沒有，等到下一个周期，第二通路卡片也会被送出来；但有了这根配綫，使第一通路和第二通路卡片同时被送出，因此可节约一些時間）。

**例 4** 有分別按 C1~3 上的号碼順序排好的兩組卡片。試把各組分成与另外一組有相同号碼的卡片組和沒有相同号碼的卡片組（配合）。

配綫布置成象图 6.6 那样，將一組卡片放入第一送卡斗，另一組放入第二送卡斗，然后开机。卡片就象图 6.7 那样地落下来。

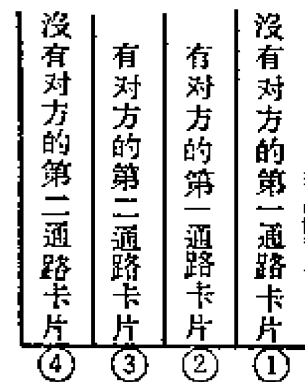


图 6.7 配合的結果

〔注〕 在图 6.6 上，若去除配綫①，則一方面可去除掉沒有对方的卡片，另一方面也可把有对方的卡片依号碼順序混合起来（merging with selection）（混合好的卡片落到受卡斗②中）。

## §7 計算穿孔机

602A 型計算穿孔机（calculating punch）可以进行加减乘除以及把这些組合起来的各種計算。原則上是將作为問題給出的数值以穿在卡片上的孔的形式送入机械，同时解答的数值也以卡片孔的形式取出来。

卡片（向下，“9”的一边在前）从漏斗进来，經過 20 根控制讀取电刷和 80 根讀取电刷，进入穿孔庫。从这里再前进到穿孔台上，一直进到由跳跃杆（skip bar, skip stop insert）所指定的位数，等候穿孔的指令。穿好孔后，就向下地送到受卡盒中。

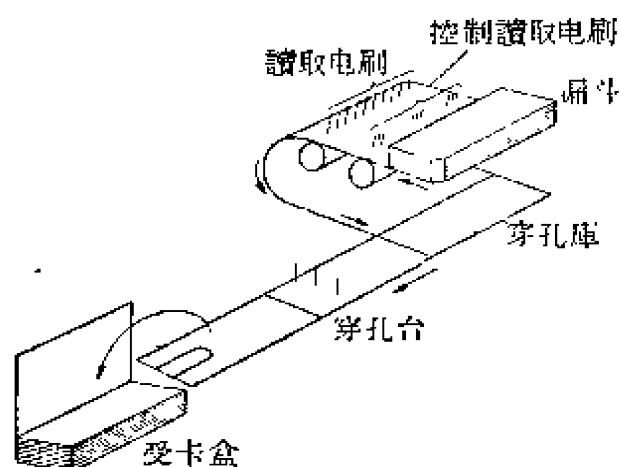


图 7.1 計算穿孔机卡片的傳动方式

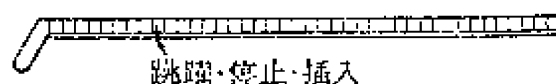


图 7.2 跳 跃 杆

新的数值一进入記憶数值的存儲器 (storage), 其中旧的数值就自动地消失。(1), (2), (3), (4), (6), (7) 这六个存儲器是标准的, 各分为 L (左) 和 R (右)。写入(read in=RI)必須对 L 和 R 同时进行, 但是讀出(read out=RO)可以分別进行。(1R)在乘法运算时放进乘数(multiplier), 除法运算时放进除数(divisor), 分別起着特別的作用。(6), (7)是穿孔存儲器, 要在卡片上穿孔的数值必須先放到这里。

[1], [2], [3], [4], [5], [6] 这六个計数器是标准的。放进

表 7.1 ( $A \times B + C$ )

PROGRAM STEP	OPERATION	STORAGE (1R)	COUNTER [1, 2, 3]	COUNTER [5, 6]
P <sub>0</sub>		RI A		
P <sub>1</sub>	MPLY		$\div A \times B$	
P <sub>2</sub>		RI D	$\div C$	
P <sub>3</sub>	DIVIDE	RO	-	$+ Q$
P <sub>4</sub>			RE	RO & RE to 5

数值时必须送入指明是正或是负的指令。回到“0”(清除)时,送入复原(reset=RE)指令。这也可以与读出同时进行,也可以另外进行。相邻的计数器可以耦合(couple)使用。作除法运算时,普通是把被除数(dividend)放入[1, 2, 3](3个耦合在一起的计数器)中。

**例1** 对穿在一張卡片上的4个数值  $A, B, C, D$ , 进行计算  $(A \times B + C) \div D = Q$ , 把解答  $Q$  穿在同一張卡片上。

卡片的设计象图7.3那样,  $A, B, C, D$  的小数点都是在第1个数字和第2个数字之间(就是说都是  $\times \blacktriangle \times \times \times \times$  形式的数字)。 $Q$  要四舍五入到小数第4位,而以  $\times \times \times \blacktriangle \times \times \times \times$  的形式表达出来。

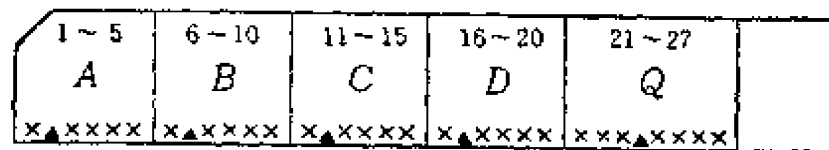


图7.3 卡片的设计

计算的计划定为象表7.1那样的计划表(planning chart)。

$\div D = Q$  的计划表

STORAGE (2L)	STORAGE (2R)	STORAGE (3L)	STORAGE (6)	备 考
RI $B$	RI $C$	RI $D$		
RO				
	RO	RO		
			RI & P $Q$	READ

根据这个计划所连接的配线如图 7.4 所示。

**讀入** ①, ②, ③: 把 READ CYCLES ( $P_0$ ) 的脉冲引到存储器 (1), (2), (3) 的 READ IN 插孔, 送入讀入指令。④~⑦: 把讀取电刷从卡片上讀出的  $A, B, C, D$  分別送入存储器 (1R), (2L), (2R), (3L) 中。

**乘法运算** ①: 把从 PROGRAM EXIT 1 ( $P_1$ ) 来的脉冲送入 MPLY (multiply), 使机械处于乘法运算的状态。②: 把计数器 [1], [2], [3] 耦合起来 [把 [3] 的 CI (carry impulse, 进位脉冲) 連結到 [2] 的 C (carry, 进位), [2] 的 CI 連結到 [1] 的 C, 然后再把 [1] 的 CI 連結到 [3] 的 C (carry back, 向后进位)]。③~⑤: 把  $P_1$  連到计数器 [1], [2], [3] 的 PLUS, 送入加法指令 (这时乘法运算  $A \times B$  的结果带正号)。⑥: 把  $P_1$  連到存储器 (2L) 的 READ OUT, 送入讀出指令。⑦: 把存储器 (2L) 中的数值  $B$  从 TRANSFER EXIT 送到计数器 [1, 2, 3] 的 ENTRY (注 2)。(机械处于乘法运算的状态时, 进入计数器的全部数值都乘上 (1R) 中的数。移位在机械的内部是自动进行的。)

**加法运算和轉移** ⑧: 把  $P_2$  連到 (1R) 的 RI。⑨: 把  $P_2$  連到 [1, 2, 3] 的 PLUS。⑩, ⑪: 把  $P_2$  連到 (2R) 和 (3L) 的 RO。⑫: 把 (2R) 中的 C 連到 [1, 2, 3], 并和其中的  $A \times B$  相加 (注 2)。结果在 [1, 2, 3] 得  $A \times B + C = P$ 。⑬: 使 (3L) 中的  $D$  轉移到 (1R)。(为了避免 ④ 和 ⑬ 的分裂接線 (split wiring), 可把 ④ 改为 ④'。)

[注 1] 把数值从一存储器轉移到另一存储器时, 在作成象 ⑧ 那样的通路后, 要分別向两个存储器給出象 ⑨、⑪ 那样的 RO 和 RI 的指令。又在计数器中进行加法运算时, 在作成象 ⑫ 那样的数值通路后, 要給予象 ⑩、⑪ 那样的 RO 和 PLUS 指令。加减运算和轉移可以在同一程序步驟上进行 (在乘法和除法运算的步驟上不能进行其他的动作)。

**除法运算** ⑭: 把  $P_3$  連到 DIVIDE, 使机械进入除法运算的状态。⑮: 把  $P_3$  連到 (1R) 的 RO。⑯, ⑰: 把  $P_3$  連到 [1, 2, 3] 的 MINUS。⑱, ⑲: 把  $P_3$  連到 [5, 6] 的 PLUS。⑳: 把 [5] 和 [6] 耦合起来。㉑: 把数值  $D$  从 (1R) 的 TRANSFER EXIT 連到 [1, 2, 3] 的 ENTRY (注 2), ——若无 ㉑ 而有 ⑮, ⑯, ⑲, 则只是进行从 [1, 2, 3] 中的数值  $P$  减去 (1R) 中的数值  $D$  的計算; 但是有了 ㉑, 就会自动地移位, 得出商  $Q$ , 将所有的数都乘上  $Q$  倍, 而送入计数器, 于是就在 [1, 2, 3] 得到“余数”  $P - Q \times D$ 。㉒: 把从 QUOT (quotient) 来的脉冲連到 [5, 6]。可以认为是在除法运算步驟上从 QUOT 跑出了

IBM CALCULATING PUNCH  
TYPE 602 A CONTROL PANEL

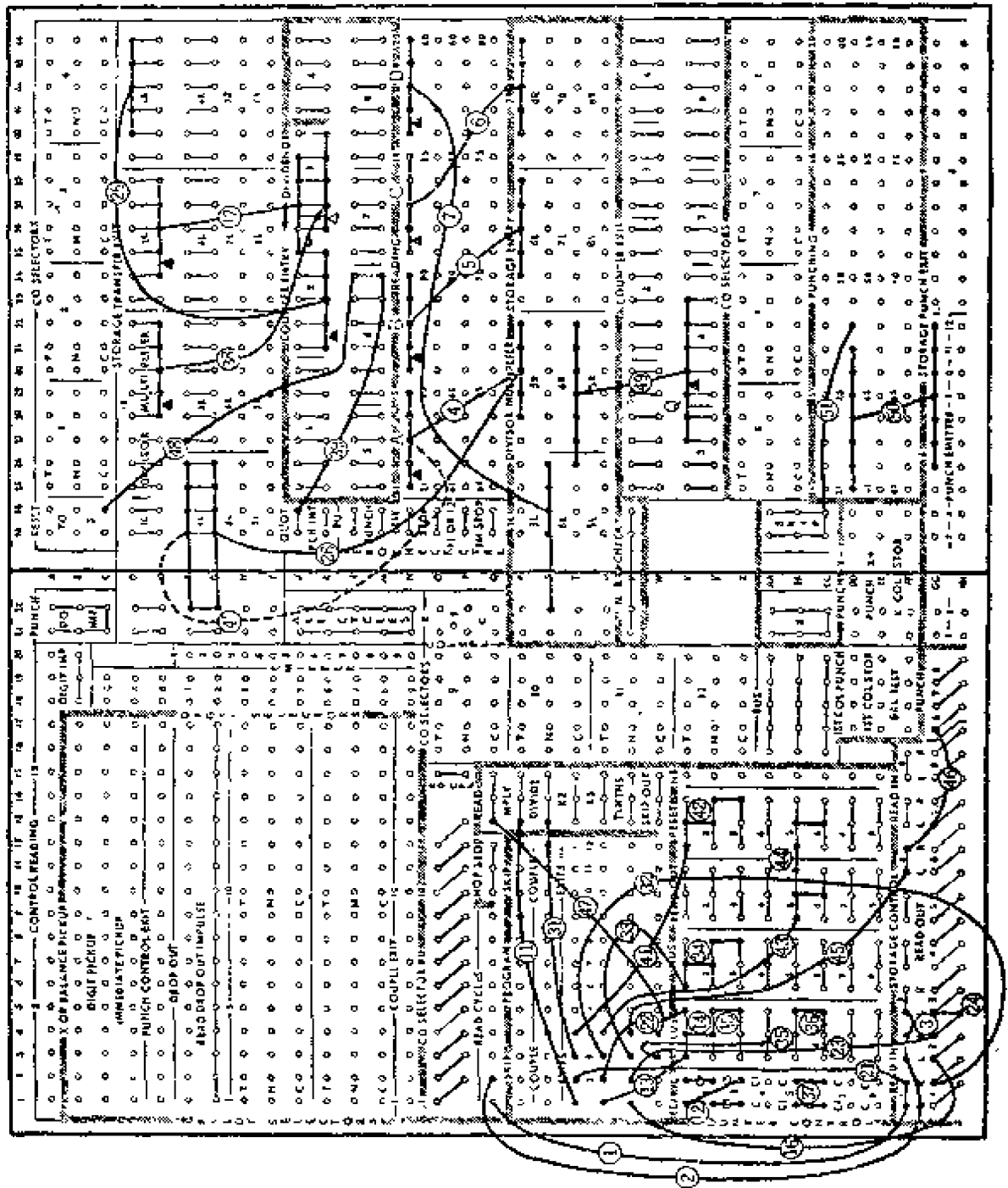
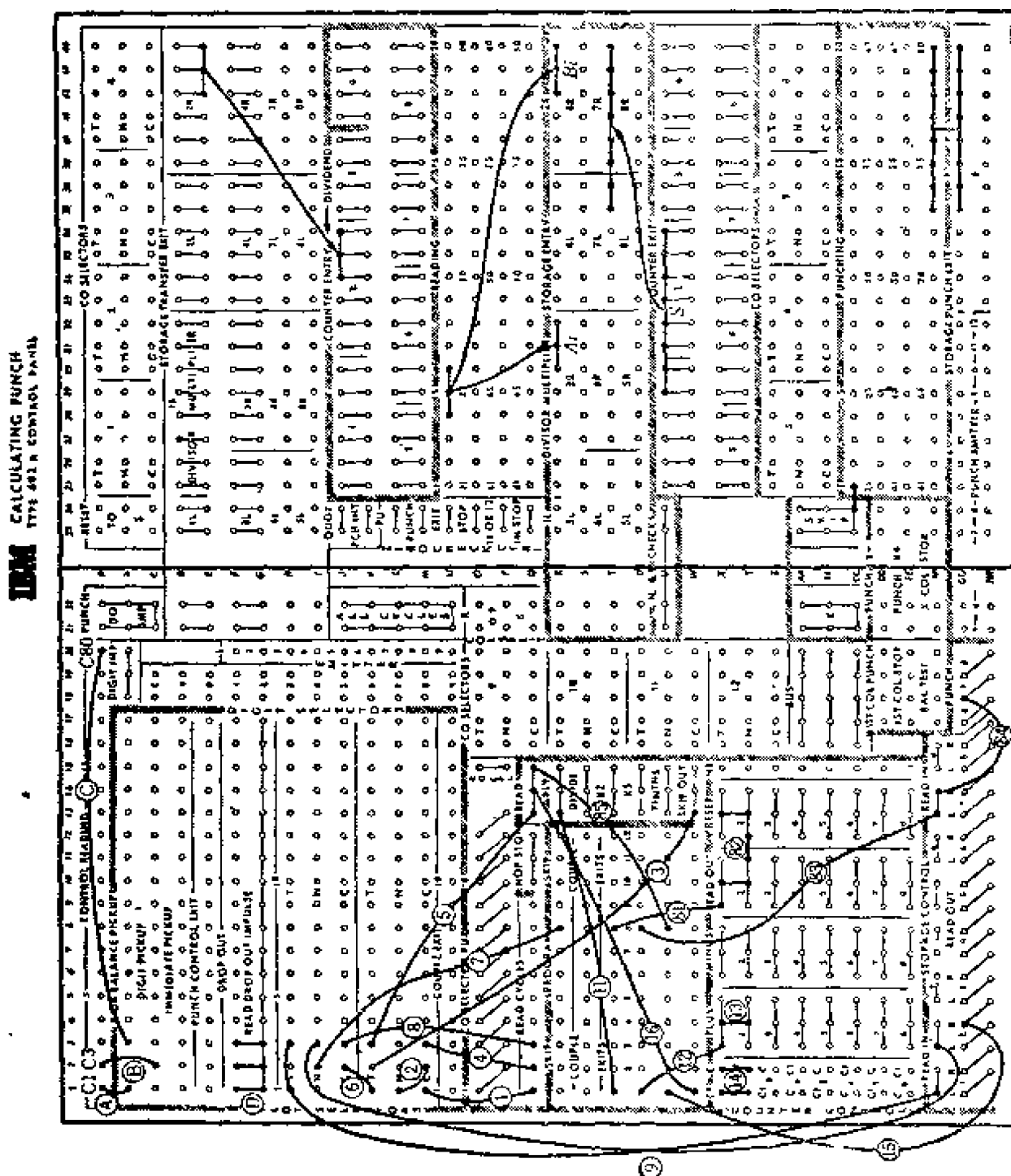


图 7.4  $(A \times B + C) \div D = Q$  的配线

图 7.5  $\sum A_i \times B_i = S$  的配线

一个“1”。它象上面所說的那樣乘上  $Q$  倍而進入[5, 6] (由 ⑤ ⑥ 使其為正), 因此就得出商  $Q$ 。

**清除和穿孔** ①, ②: 把  $P_4$  連到[1, 2, 3]的 RESET, 清除在那里的余數。③, ④: 把  $P_4$  連到[5, 6]的 READ OUT 和 RESET。⑤, ⑥: 把  $P_4$  連到(6)的 READ IN 和 PUNCH。⑦: 把  $P_4$  連到 READ, 指令在程序步驟 4 的下一步是進行下一張卡片的讀取周期 (忘了這根配綫, 機械就會在  $P_4$  以後進行雜亂的程序  $P_5, P_6, \dots$ )。⑧: 把從 RESET TO 5 來的脈沖連到[5, 6]。這樣一來, [5, 6] 被清除時, 在那個位數上留下“5”, 因此, 在這上面加上  $Q$  以後, 就可讀出上一位數, 從而進行四舍五入。⑨: 把在[5, 6]得出的  $Q$  移到存儲器(6) (注 2)。⑩: 把(6)的 PUNCH EXIT 和 PUNCHING 的 21~27 連結起來。這樣就使(6)的內容在卡片的 C21~27 上穿成孔。被指令穿孔的存儲器的最低位必須同 PUNCHING 連結起來 (否則, 機械就會停車)。⑪: 把 SKIP 和 PUNCHING 的 28 連結起來。對於穿了孔的最後一位的前一位必須作這根配綫 (否則, 卡片還沒出來, 機械就已停車)。穿孔到 C80 時, 把 SKIP 和 PUNCHING 的 1 連結起來。

[注 2] 對於小數點位置的原則如下:——乘法運算時, 小數點向左移動的位數, 等於(1R)中所有數(乘數)的小數點後數值的位數。在目前這個例子中, 因為(1R)中有的數是  $\times \times \times \times$  形式的數, 所以要向左移 4 位。除法運算時, 把(1R)的最低位連結到[1, 2, 3]的最低位。並且一定要使機械內部的移位 在 7 位以內就得出商來。(否則, 機械在很長的計算後會得出錯誤的解答。若除數是 0, 則得出的商為 0。)因此, 商最大可求到 8 位。商的小數點後的位數, 等於被除數的小數點和對應於配綫⑧決定的除數的小數點位置之間的位數 (在這個例子中是 5 位)。配綫 ⑦, ⑤, ③, ④ 是為了在最後一位上四舍五入而得到小數點後 4 位的數值。

[注 3] ⑩的配綫看起來好象是把從 STORAGE PUNCH EXIT 來的脈沖傳到 PUNCHING; 但實際上却相反, 而是從 PUNCHING 送出脈沖進入 STORAGE PUNCH EXIT (⑪也是這樣)。這一點在用選擇器選擇這個脈沖時很重要。

[注 4] 跳躍杆 (圖 7.2) 的 SKIP STOP INSERT 必須插入穿孔的最初一位上 (在本例中是 C21)。否則, 就會把孔穿錯或停車。

**例 2** 有  $n$  張在 C4~6 上穿孔數值  $A_i (i=1, \dots, n)$  的 A 卡片



表 7.2  $S = \sum A_i \times B_i$  的計劃表

卡片	PILOT SELECTOR			PROGRAM	OPERATION	STORAGE COUNTER	STORAGE		備考
	(X1)	(D8)	(X80)				(1R)	(2R)	
	1	2	3	STEP					
A	N	T	T	$P_0$			RI		SKIP OUT, READ
							$A_i$		
B	N	T	N	$P_0$				RI $B_i$ RO	SKIP OUT
				$P_1$	MPLY	$+A_i \times B_i$			READ
解答	T	N	N	$P_0$					SKIP to $P_8$
				$P_8$				RO $S$ RE	RI $S$ P READ

和  $n$  張在 C4~6 上穿孔數值  $B_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) 的 B 卡片。雙方在

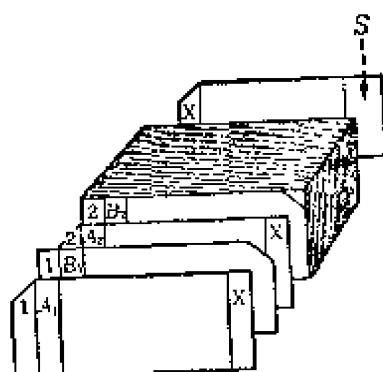


圖 7.6 卡片的排列方式

C1~3 上都有一串號碼 001~ $n$ ，但是只有 A 卡片的 C80 上穿有 X 孔。試求  $S = \sum A_i \times B_i$ 。

先用校對機把兩組卡片混合起來 (§6, 例 2)。再在最後面放上一張除了 C1 上穿 X 孔外全空白的解答卡片。讓它們通過象圖 7.5 那樣配綫的 602A 計算穿孔機 (圖 7.6)。這樣，解答就被穿在最後面那張空白卡片的 C73~80 上。

【配綫說明】 圖 7.5 的配綫計劃表如表 7.2 所示。

**選擇器** 在標準的機械上有 7 個領示選擇器 (pilot selector)。這裡使用其中的 1, 2, 3。④：領示選擇器 1 是用控制讀取電刷讀出的 C1 的 “X” 來啟動的。⑤：領示選擇器 2 同樣是用 C3 的數字來啟動的。⑥：領示選擇器 3 同樣是用 C80 的 “X” 來啟動的。⑦：每一個領示選擇器都是在從 READ DROP OUT 發出脈沖時退出 (這樣作，就可在讀取週期結束的瞬間回到 N (normal))。因為 A 卡片在 C1 沒有 “X”，在 C3 有數字，在 C80 有 “X”；所以在 A 卡片的讀取週期中，領示選擇器 1, 2, 3 各在 N (normal), T (transferred), T 的狀態下。同樣，在 B 卡片的讀取週期中為 N, T, N；在解答卡片的讀取週期中為 T, N, N 的狀態。

【注 1】 控制讀取電刷有 20 個。哪一個配在哪一行上根據不同的機械而有所不同。圖 7.5 上是第 1 號配在 C1 上，第 2 號在 C3 上，第 20 號在 C80 上。這個配置方式不能隨便更改。卡片的設計是應該配合所使用的機械來考慮的。

**讀入和空白** ①, ②, ③: 使  $P_0$  (讀取周期) 通过領示選擇器 1 的 C-N 和 2 的 C-T, 而連到 SKIP OUT。于是, 当 1 是 N 而 2 是 T 时, 即 A 卡片或 B 卡片时, 卡片不被穿孔而落入受卡盒。

④, ⑤: 使  $P_0$  通过領示選擇器 3 的 C-T, 而連到 READ。于是, A 卡片的讀取周期的下一步不进行程序步驟 1, 而进入下一張卡片的讀取周期。(但是在这种場合下, 立即在下一个周期进行下一張卡片的控制讀取, 因此正确地說, 只等了一个周期后就进入了讀取周期。)

⑥, ⑦: 使  $P_0$  通过領示選擇器 1 的 C-T 和 2 的 C-N, 而連到 PROGRAM SKIP 的 8。于是在 1T 和 2N 时, 即解答卡片时, 讀取周期的下一步就进行程序步驟 8。( $P_1$  到  $P_{12}$  中的任何一个都可代替  $P_8$  来使用。)

⑧, ⑨: 若是 3T, 指令存儲器 (1) 进行 RI; 若是 3N, 指令存儲器 (2) 进行 RI。(这样作, 在解答卡片时 (2) 也进行 RI, 但并沒有害处。)

**乘法运算** ⑩:  $P_1 \rightarrow \text{MPLY}$ 。⑪, ⑫:  $P_1 \rightarrow [1, 2] +$ 。⑬: 計数器 [1], [2] 耦合。⑭:  $P_1 \rightarrow (2R) \text{RO}$ 。⑮:  $P_1 \rightarrow \text{READ}$ 。

**結果穿孔** ⑯, ⑰:  $P_8 \rightarrow [1, 2] \text{RO, RE}$ 。⑱, ⑳:  $P_8 \rightarrow (7) \text{RI, P}$ 。㉑:  $P_8 \rightarrow \text{READ}$ 。

到此, 左侧的配綫完成了。右侧, 先从 READING 的 4~6 到 (1R), (2R), 再从 (2R) 到 [1, 2], 然后从 [1, 2] 到 (7) 作好通路, 最后連結 PUNCHING 73~80 和 (7) 的 STORAGE PUNCH EXIT, 再把 PUNCHING 1 和 SKIP 連結起来就算完成了(参看例 1 中㉑的說明)。

## 第3章 統計分析

### §8 因素分析

有  $m$  个  $s$  水平的因子的  $s^m$  型因素分析設計，在  $s$  是素数或素数幂时，可以利用 Galois 域的計算得到巧妙的設計和分析（参看本丛书，森口：統計分析，§13）。在所謂混杂法、部分实施法或正交陣列中，普通使用的几乎全都是属于这种类型的設計。

可以方便地利用穿孔卡计算机来制定这种类型的实验設計或分析实验数据这一点，是 C. R. Rao (1951) 提出来的，并且得到增山元三郎的介紹和简化 [品质管理，6(1955)，553~6；7(1956)，13~21]。

这里举一个用数目为 9 的区組进行  $3^3$  型因素分析的例子<sup>①</sup>来考察一下。

**步驟1 决定卡片的设计** 例如作成象图 8.1 那样。

1~2	3	4	5	6~7	8 9	10 11	12	13 14	15 16	17 18 19 20	21~24	25~26	
实验 号码	重 复 号 码	区 組 号 码	实 驗 顺 序	卡 片 号 碼		A A B B <sup>2</sup>	C	A A C C <sup>2</sup>	B B C C <sup>2</sup>	A A A A B B B <sup>2</sup> B <sup>2</sup> C C <sup>2</sup> C C <sup>2</sup>	随 机 数	数 据	

图 8.1 卡片的设计

**步驟2 进行实验号码、卡片号码和各因素水平的穿孔** 卡片的 C6~20 是用复写穿孔机，从  $3^4$  型的原版卡片<sup>②</sup>的 C1~15 复

① 这种类型的实验的例子见 Cochran-Cox: Experimental Design (Wiley, 1950), 41~53. [1957 年修訂版, 196~203. —譯者注]

② 对于  $2^6$ ,  $3^4$ ,  $4^3$ ,  $5^3$ ,  $7^3$ ,  $8^3$  和  $9^3$  型，制有穿孔全部因素水平的原版卡片。参看森口：パンチカードによる要因分析，日本規格協会，QCC-OLD<sub>60</sub> 資料 1 (1956)。

写下来 (§ 5, 例 1) (81 張原版卡片的最初 54 張使用两次)。与此同时, 在 C1~2 上集体穿孔实验号碼 (§ 5, 例 2), C6~7 实际上不使用。若从 C8~20 来看, 則得到了 4 組完全相同的卡片。

**步驟 3 进行重复号碼和随机数的穿孔** 分別在上述 4 組卡片的 C3 上集体穿孔重复号碼 1, 2, 3 或 4, 同时取随机数卡片<sup>①</sup>的任意 4 位在 C21~24 上复写穿孔。

**步驟 4 进行区組号碼和实验順序的穿孔** 取重复 1 的 27 張卡片, 依 C24, 23, 22, 21 和 17 的次序分类。这样, 卡片先依 ABC 的水平 (C17) 的次序分成 3 份, 每份有 9 張, 在其中各依随机数 (C21~24) 的大小次序排列起来。把每 9 張的最初的 1 張从随机数小的开始依次取出。將它們放上复写穿孔机, 一面把区組号碼穿到 C4 上, 一面在 C5 上进行实验順序的复写穿孔 (若是 1~9 出現的一組卡片, 实验順序从哪一張取都可以)。再取重复 2 的 27 張卡片, 除使用 C18 (ABC<sup>2</sup> 的水平) 代替 C17 以外, 进行完全同样的操作。重复 3 則使用 C19 (AB<sup>2</sup>C 的水平), 重复 4 使用 C20 (AB<sup>2</sup>C<sup>2</sup> 的水平) 来进行同样的操作。

**步驟 5 翻譯并且打印后交給实验者** 把实验号碼 (C1~2), 重复号碼 (C3), 区組号碼 (C4), 实验順序 (C5) 和因子 A, B, C 的水平 (C8, 9, 12) 翻譯打印到各自的卡片上面 (§ 4, 例), 再用會計机把 108 張卡片全部記錄下来 (§ 3, 例 1)。根据把卡片或把記錄报告交給实验者, 对各个重复号碼的 3 个区組的每一个, 指定送入的因子組合的順序。

**步驟 6 进行实验数据的穿孔** 实验结束后, 把数据穿到 C25~26 上, 用檢孔机檢查。

**步驟 7 記錄实验数据** 108 張卡片全部記錄下来, 这是为了

<sup>①</sup> 例如可以利用 JIS 随机数卡片 (40 数字×1000 張)。浦 昭二: 第 2 回 PC ミナーテキスト, C6-2, 日科技連, 1956。

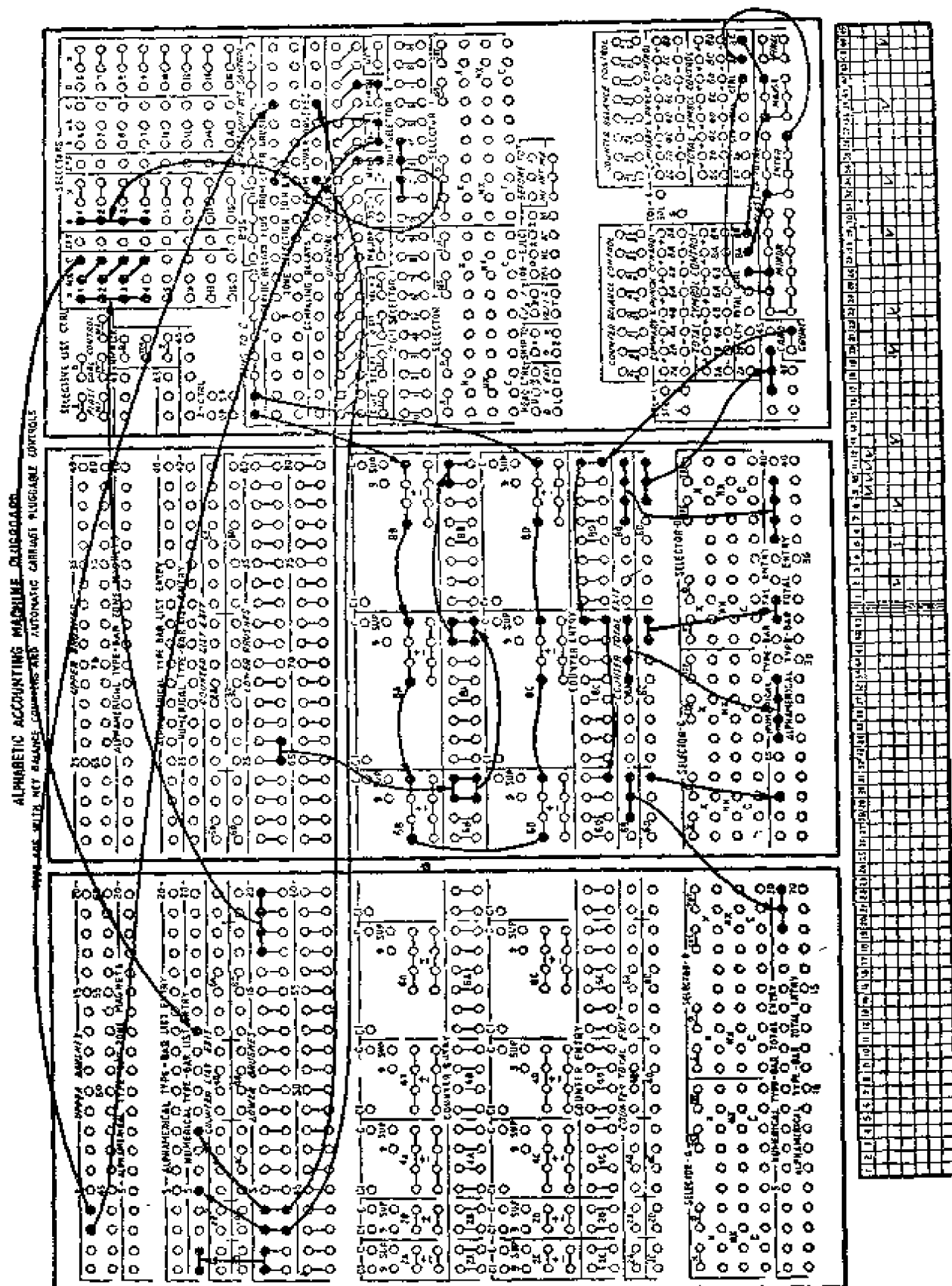


图 8.2 区组小计、重复中计及总计的计算

以后参考方便。

**步驟8 計算不同區組小計, 不同重複中計和總計** 对 O4 用 MINOR 的控制, 对 C3 用 INTERMEDIATE 的控制, 計算重复內不同區組的小計和不同重复的中計, 最后作为 MAJOR 打印数据的總計。再把 O. O. (卡片計数) 的脉冲送到另外的 3 个計数器中, 把卡片的張数也記錄下来。配綫如图 8.2, 得出的結果如图 8.3 所示。

**步驟9 計算各个因素的不同水平小計** 对于因素 A, 計算水平 0, 1, 2 下的数据的小計  $A_0, A_1, A_2$ , 同时計算總計  $G$ . 为此可以先对 A 的水平(O8)进行分类, 之后用控制把小計打印出来, 但

1957-6-4(二)									
3 <sup>3</sup> 型混雜法									
实验 号碼	重 复 号碼	区 組 号碼	混 雜 的 平 (ABC)	因 素 水 平	区 組 小 計	(卡 片 張 数)	重 复 中 計	(卡 片 張 数)	总 計
35	1	1	1	302	9				
35	1	2	2	290	9				
35	1	3	0	311	9				
			(ABC <sup>2</sup> )				903	27	
35	2	1	0	197	9				
35	2	2	2	232	9				
35	2	3	1	233	9				
			(AB <sup>2</sup> C)				662	27	
35	3	1	2	134	9				
35	3	2	0	308	9				
35	3	3	1	251	9				
			(AB <sup>2</sup> C <sup>2</sup> )				693	27	
35	4	1	2	394	9				
35	4	2	0	171	9				
35	4	3	1	354	9				
							919	27	3177 108

图 8.3 区組計, 重复計, 總計

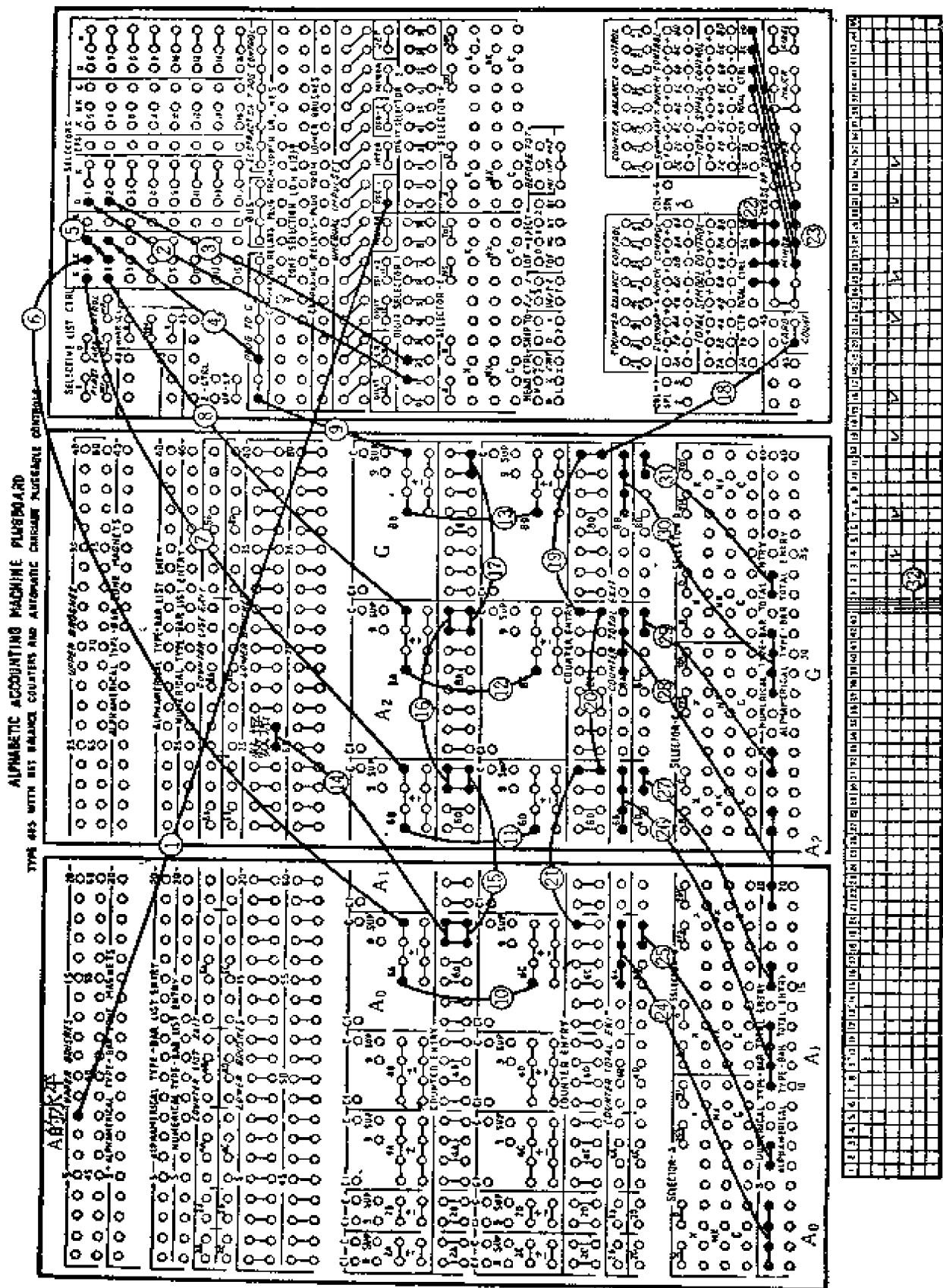


图 8.4 33 型因素分析: 不同水平的小計



在  $s^m$  型上也可使用下面所說的更为簡單的方法(分配法)。

把 108 張卡片任意排列起来, 通过象图 8.4 那样配綫的会计机。全部通过时, 机械一次就把图 8.5 的第 1 行打印出来。再把配綫①移到 C9, 进行同样的操作, 就印出第 2 行。以下同样地进行直到第 13 行( $AB^2C^2$  的不同水平的小計)。

[配綫要点] (i) 在計数器 [6A], [6B], [8A] 和 [8B] 中分別得出  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  和  $G$ 。在 [6C], [6D], [8C] 和 [8D] 中分別得出卡片張数。

(ii) 用上电刷讀出因子 A 的水平  $i$ , 将它送入数字选择器, 依靠从它的“1”插孔来的脉冲启动选择器 1, 依靠从它的“2”来的脉冲启动选择器 2(①, ②, ③)。

(iii) 选择器 1, 2 随  $i=0, 1, 2$  而处于如表 8.1 所示的状态, 因此如④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧ 那样地配綫时, PLUG TO “C”的脉冲就随  $i=0, 1, 2$  分別傳到 [6A], [6B], [8A] 的+插孔。

(iv) 卡片全部通过时, 由自动发生的 MINOR TOTAL CYCLE 清除全部的計数器, 并进行打印(②, ③)。

3 <sup>3</sup> 型混雜法									
各个因素的不同水平的小計									
因 素	实 驗 号 碼	水平 0		1		2		計	
		小計	張数	小計	張数	小計	張数	計	張数
A	35	1199	36	1049	36	929	36	3177	108
B	35	1188	36	1058	36	931	36	3177	108
AB	35	1018	36	1134	36	1025	36	3177	108
AB <sup>2</sup>	35	1119	36	1045	36	1013	36	3177	108
C	35	1138	36	1044	36	995	36	3177	108
AC	35	1159	36	1062	36	956	36	3177	108
AC <sup>2</sup>	35	1067	36	1071	36	1039	36	3177	108
BC	35	1119	36	1036	36	1022	36	3177	108
BC <sup>2</sup>	35	1070	36	1085	36	1022	36	3177	108
ABC	35	1082	36	1104	36	991	36	3177	108
ABC <sup>2</sup>	35	1025	36	1079	36	1073	36	3177	108
AB <sup>2</sup> C	35	1119	36	1113	36	945	36	3177	108
AB <sup>2</sup> C <sup>2</sup>	35	944	36	1102	36	1131	36	3177	108

图 8.5 不同水平的小計

表 8.1 選擇器的状态

$i$	選擇器 1	選擇器 2
0	N	N
1	X	N
2	N	X

X 时, C—X 連結着,

N 时, C—NX 連結着。

**步驟 10 調整有混雜的因素的小計** 例如, 对于因素(ABO)有重复 1 的区組效应混雜进来, 因此要把它减去。为此可以用图 8.3 中打印的(ABO)的水平为根据。在目前の場合为

$$(ABC)'_0 = 1082 - 311 = 771$$

$$(ABC)'_1 = 1104 - 302 = 802$$

$$(ABC)'_2 = 991 - 290 = 701$$

$$\text{計} \qquad \qquad \qquad 2274$$

对于  $(ABC^2)$ ,  $(AB^2C)$  和  $(AB^2C^2)$  也进行同样的計算。这种計算利用算盘或台式計算机較好。

**步驟 11 計算原始数据的平方和** 108 个数据本身自乘再計总。若用 602 A 算, 可以根据与表 7.2 相同的計劃。因为在这个場合沒有 A 卡片与 B 卡片的区别, 可以同时把同样的数值讀入 (1R) 和 (2R), 所以就显得更为簡單。同样的計算也可用會計机进行 (progressive digitizing)。

**步驟 12 計算平方和成分, 作出方差分析表** 利用图 8.3, 图 8.5 和步驟 10 的結果进行計算。計算利用台式計算机。結果如表 8.2 所示。

[計算概况] 重复間平方和  $= (903^2 + \dots + 919^2) / 27 - 3177^2 / 108 = 2041.88$ , 重复內区組間平方和  $= (302^2 + 290^2 + \dots + 354^2) / 9 - (903^2 + \dots + 919^2) / 27 = 5008.15$ , A 的主效应的平方和  $= (1199^2 + 1049^2 + 929^2) / 36 - 3177^2 / 108 = 1016.67$ , 交互作用 A  $\times$  B 的平方和  $= \{(1018^2 + \dots + 1025^2) / 36 - 3177^2 / 108\} + \{(1119^2 + \dots + 1013^2) / 36 - 3177^2 / 108\} = 399.27$ , 因素(ABC)

表8.2 方差分析表

因 素	平方和	自由度	无偏方差
重复間	2041.88	8	680.63
重复内区組間	5008.15	8	626.02
A	1016.67	2	508.34*
B	917.39	2	458.70**
C	298.39	2	146.70
A×B	399.27	4	99.82
A×C	589.61	4	147.40
B×C	213.89	4	53.22
A×B×C (調整后)	ABC	2	99.15
	AEC <sup>2</sup>	2	3.20
	AB <sup>2</sup> C	2	32.11
	AB <sup>2</sup> C <sup>2</sup>	2	12.60
誤差	4146.88	70	59.24
計	14920.25	107	—

的平方和 =  $(771^2 + 802^2 + 701^2) / 27 - 2274^2 / 81 = 198.30$ , 总平方和 = 原始数据平方和 -  $3177^2 / 108 = 14920.25$ , 誤差平方和 =  $14920.25 - (2041.88 + \dots + 25.21) = 4146.88$ . (表 8.2 中的\*\*表示高度显著。)

## §9 自 相 关

对于時間序列  $x_1, x_2, \dots, x_N$  进行如下的計算:

$$\sum_{t=1}^{N-k} x_t x_{t+k} \quad (k=0, 1, 2, \dots),$$

在  $N$  超过 100 时, 若要对几个  $k$  进行, 則会出现相当龐大的計算。

在 602 A 計算穿孔机上进行这种計算时, 一般依照图 9.1 那样的步驟①。就是, 准备兩組 (A 組和 B 組) 穿有  $x_1, x_2, \dots$  的卡片, 錯开  $k$  張在校对机上混合起来 (§ 6, 例 2), 在它下面放上收受解答的后底卡片 (trailer card, T 卡片), 通过 602 A 进行  $\sum A_i \times B_i$

① 藤川洋一郎: 時系列の解析, 第 2 回 PO セミナーテキスト, C3-2, 日科技連, 1956.

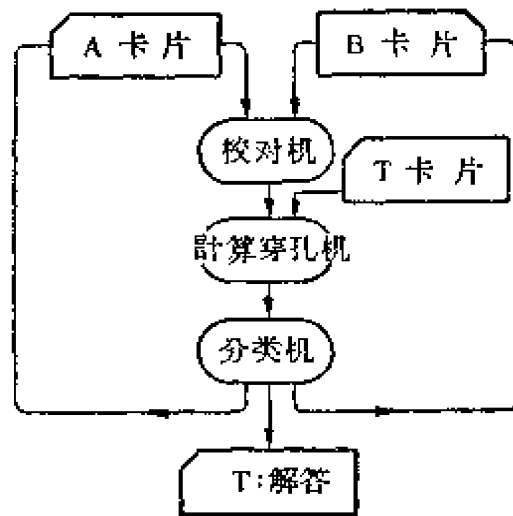


图 9.1 时间序列分析的程序框图

$=S$  的计算 (§7, 例 2)。完了后, 用分类机分开 A 和 B, 变更错开的张数  $k$ , 再进行同样的操作。这时, 最好先计算好

$$x'_t = x_t + x_{t+1} + \cdots + x_N \quad (t=1, 2, \cdots, N),$$

再对几个  $k$  计算

$$\sum_{t=1}^{N-k} x_t x'_{t+k}.$$

这样, 可以利用下式:

$$\begin{aligned} (\sum x_t)^2 = & \sum x_t^2 + 2(\sum x_t x_{t+1} + \sum x_t x_{t+2} + \cdots \\ & + \sum x_t x_{t+k-1} + \sum x_t x_{t+k}) \end{aligned}$$

进行验算。

再者, 位数允许的话, 象下面的例子那样, 在 B 卡片上把  $x_t$ ,  $x_{t+1}$ ,  $x_{t+2}$  排列起来穿孔, 可以同时计算  $\sum x_t x_{t+k}$ ,  $\sum x_t x_{t+k+1}$ ,  $\sum x_t x_{t+k+2}$ .

**例 ①** 每隔 2 毫秒所测定的圆柱背后湍流速度的观测值以  $x_i$  表示, 计算

① J. Kondo and R. Kobayashi: "Anisotropy in a turbulent wake behind a circular cylinder," Proc. 6th. Nat. Congress Theo. Appl. Mech., 1967, 303~310.

$$\sum_{i=1}^{100} x_i x_{i+k} \quad (k=0, 1, 2, \dots, 100).$$

卡片的設計如图 9.2 所示。A 卡片用鍵盤穿孔机穿好, B 卡片就利用机械照它复写下来。T 卡片只要放上 3 張空白卡片就行了。

A卡片(只有第一張是X)					
1-2 實驗 號碼 $n$	3-5 $i$	6-8 $x_i$	80 X		

B卡片							
1-2 實驗 號碼 $n$	3-5 $i$	6-8 $x_i$	9-11 $i+1$	12-14 $x_{i+1}$	15-17 $i+2$	18-20 $x_{i+2}$	79 X

T卡片		
1-2 實驗 號碼 $n$	3-5 $i+1$	6-13 $\sum x_i x_{i+k}$

图 9.2 卡片的設計

配綫的計劃表如表 9.1 所示,配綫則如图 9.3。

[注 1] 把讀取电刷讀出的 C1 的脉冲送进 COL SPLIT(column split), 分开数字“9”~“0”的脉冲和“X”的脉冲,把前者送到存儲器(3L),后者送到領示選擇器 1 的 X OR BALANCE PICKUP. 依靠它,在 C1 上有“X”的卡片(A<sub>1</sub> 卡片)通过讀取电刷的周期以后,領示選擇器 1 立刻就处于 T 状态,一直保持到其后第一个讀取周期(即 B<sub>1</sub> 卡片的讀取周期)結束为止。

[注 2] 补充選擇器(co-selector)的启动是利用从領示選擇器的 COUPLE EXIT 或 PROGRAM COUPLE 来的脉冲。在前一場合中,它成为領示選擇器的延伸部分(图 9.3 上,例如 co-selector 1,5,6 成为 pilot selector 6 的延伸部分)。在后一場合中,它构成了由 PROGRAM STEP 开閉的通路(图 9.3 上,co-selector 4 的 C-T 在 P<sub>8</sub> 时是开放的通路)。

[注 3] 图 9.3 的 pilot selector 6, 7 用于周期循环(cycling). 它們在 B<sub>1</sub> 卡片的讀取周期的“9”时退出,以后一直处于 NN 状态。在 T<sub>1</sub> 卡片(第一張 T 卡片)的 P<sub>8</sub> 时,从 EMITTER 来的“9”脉冲通过 co-selector 4 的 C-T,

表 9.1  $\sum x_i x_{i+k}, \sum x_i x_{i+k+1}, \sum x_i x_{i+k+2}$ 

卡 片	PILOT SELECTOR			PROG. STEP	OPER.	STOR.	COUNTER			STORAGE				备 考
	(R.X1)(X80)(X79)	1	2				3	(1R)	[1,2]	[3,4]	[5,6]	(2L)	(2R)	
A		N	T	N	P <sub>0</sub>	RI $x_i$								SKIP OUT
					P <sub>1</sub>									READ
B {第 1 其 他}	T	N	T		P <sub>0</sub>					RI $x_{k+1}$	RI $x_{k+2}, x_{k+3}, k+1$	RI $k+2$ $k+3$		SKIP OUT SKIP to P <sub>3</sub>
	N	N	T		P <sub>0</sub>					RI $x_{i+k}$	RI $x_{i+k+1},$ $x_{i+k+2}$			
					P <sub>3</sub>	MPLY		$+x_i \cdot$ $x_{i+k}$	$+x_i \cdot$ $x_{i+k+1}$	$+x_i \cdot$ $x_{i+k+2}$	RO	RO		READ
T	N	N	N		P <sub>0</sub>									SKIP to P <sub>6</sub>
{第 1 第 2 第 3}	N	N	N										RI, P $n, k+1$ $\sum x_i x_{i+k}$	READ
	T	N	T		P <sub>6</sub>		RO RE					RO $n, k+2$ $\sum x_i x_{i+k+1}$		
	T	T	T				RO RE					RO $n, k+3$ $\sum x_i x_{i+k+2}$		

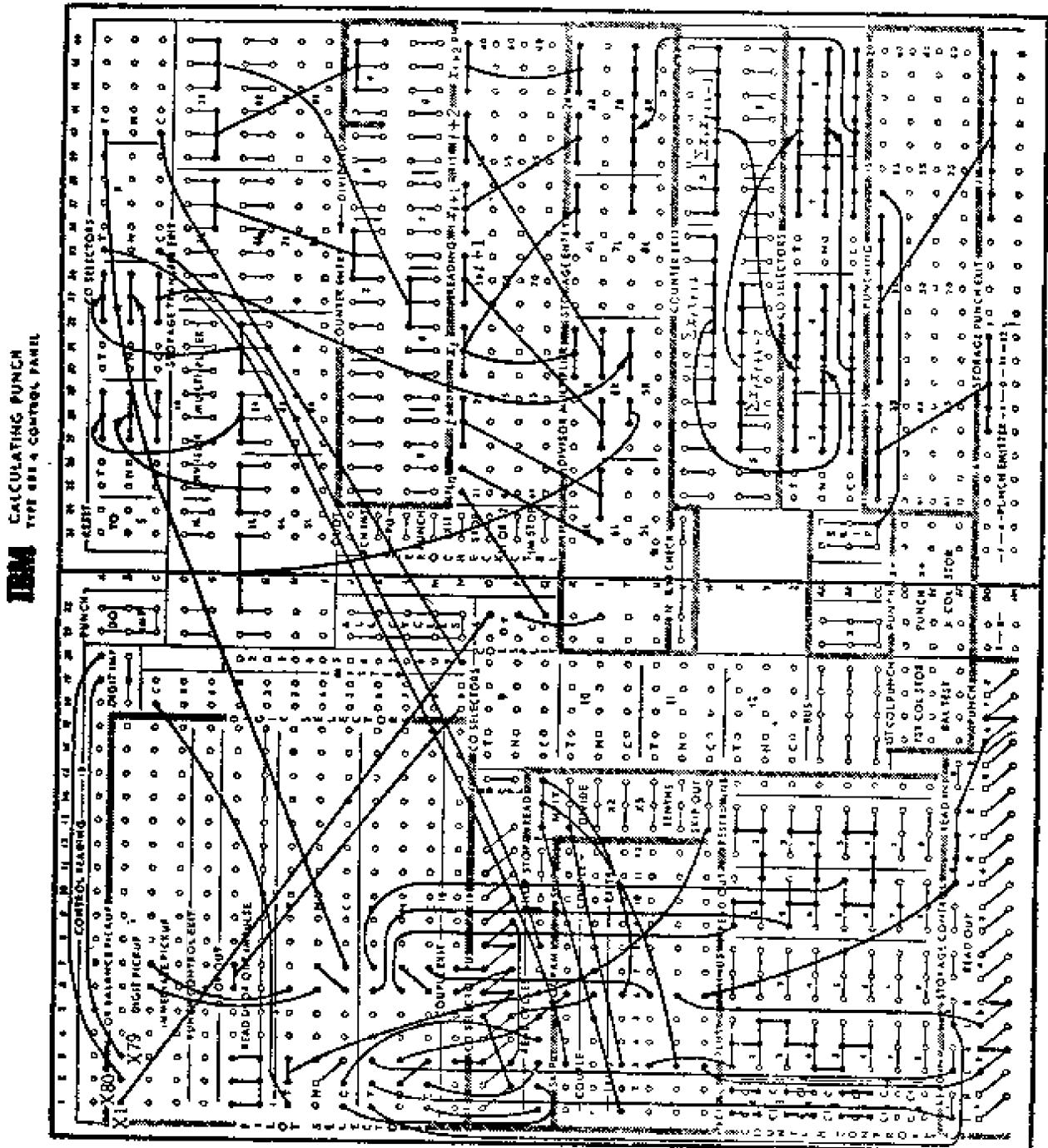


图 9.3  $\sum x_t x_{t+k}$ ,  $\sum x_t x_{t+k+1}$ ,  $\sum x_t x_{t+k+2}$  的计算

pilot selector 7 的 C-N 和 6 的 C-N, 进入 pilot selector 6 的 DIGIT PICK-UP, 因此在  $T_2$  卡片的  $P_6$  时处于 TN 状态。这时, “9” 的脉冲进入 pilot selector 7 的 DIGIT PICKUP, 所以在  $T_3$  卡片的  $P_6$  时是处于 TT 状态。利用这样的变化, 区别  $T_1, T_2, T_3$  卡片, 从而分开了讀入存储器 (6), (7) 的数值。

## §10 回归分析

在分析符合綫性回归模型(参看本丛书, 森口: 統計分析, §1)

$$y_\alpha = \beta_0 + \beta_1 x_{\alpha 1} + \cdots + \beta_p x_{\alpha p} + \varepsilon_\alpha \quad (\alpha = 1, \cdots, N) \quad (10.1)$$

的数据时, 有必要先进行如下的計算:

$$\sum_\alpha y_\alpha, \sum_\alpha x_{\alpha i}, \sum_\alpha y_\alpha^2, \sum_\alpha y_\alpha x_{\alpha i}, \sum_\alpha x_{\alpha i} x_{\alpha j}. \quad (10.2)$$

其后, 又有必要进行解  $p+1$  元的联立一次方程式, 或是更进而求  $(p+1)$  次矩陣的逆矩陣的計算。

**例 母牛的出奶量** 这个例子是: 对总数約  $N=1000$  头优級母牛, 調查它們一年內的出奶量与胸圍  $x_{\alpha 1}$ , 胸高  $x_{\alpha 2}$ , 臀寬  $x_{\alpha 3}$  等一共  $p=10$  个变数之間存在的关系<sup>①</sup>。对每一头牛用一張卡片, 穿上  $\alpha, y_\alpha, x_{\alpha 1}, \cdots, x_{\alpha 10}$ , 将卡片通过 602 A 計算穿孔机, 計算 (10.2)。与 §9 的例子一样, 依靠有效地利用計数器的位数, 可以每次求出 2 个到 3 个。

所需的时间, 据說数据穿孔用了 10 小时, 計算 (10.2) 的各个量(全部是 77 个) 用了机械时间 2 小时。在这个例子中是用台式计算机解 11 元联立一次方程, 但是用 602 A 計算穿孔机也可以解(参看下节)。

① 大江賢太郎氏の研究, 浦 昭二: 第 3 回 PC セミナーテキスト, B2-2, 日科技連, 1957.



## 第4章 科学计算

### § 11 线性计算

联立一次方程的求解、逆矩阵的计算、线性规划的单纯形计算等,都可以包括在线性计算内。这些计算基本上是在矩阵

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (11.1)$$

的一行上乘以一个一定的数,或是从一行减去另外一行的常数倍。把这两种演算组合起来,可以使第  $i^*$  行,第  $j^*$  列的元素为 1, 而第  $j^*$  列的其他元素为 0 (“sweep out”)。这就是说,对于第  $i^*$  行进行下列演算:

$$a'_{i^*j} = a_{i^*j} / a_{i^*j^*} \quad (j=1, \cdots, n), \quad (11.2)$$

对于其他的行进行下列演算:

$$\begin{aligned} a'_{ij} &= a_{ij} - \frac{a_{ij^*} a_{i^*j}}{a_{i^*j^*}} \\ &= a_{ij} - a_{ij^*} a'_{i^*j} \quad (i \neq i^*; j=1, \cdots, n), \end{aligned} \quad (11.3)$$

结果就成为具有下列形式的矩阵:

$$\begin{array}{c} \text{(第 } j^* \text{ 列)} \\ \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \cdots & 0 & \cdots & a'_{1n} \\ a'_{21} & a'_{22} & \cdots & 0 & \cdots & a'_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a'_{i^*1} & a'_{i^*2} & \cdots & 1 & \cdots & a'_{i^*n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a'_{m1} & a'_{m2} & \cdots & 0 & \cdots & a'_{mn} \end{bmatrix} \end{array} \quad \text{(第 } i^* \text{ 行)} \quad (11.4)$$

这样，可以在任意的列上作出任意的单位向量（但  $a_{i^*j^*} = 0$  时除外）。适当地选择  $i^*, j^*$ ，重复这样的操作就可以达到目的（参看本书，森口·高田：数值計算法）。

現在介紹一个进行这种計算的 602 A 計算穿孔机的配綫的例子<sup>①</sup>。卡片的设计如图 11.1 所示，并象表 11.1 那样将 A, B, C,  $C_X$ , D 卡片区别开。（D 以外的卡片在 C3 上有数字，利用这一点可将 D 与其他卡片区别开；而 A, B,  $C_X$  则可借助于特殊的 X 穿孔与 C 卡片区别开。）

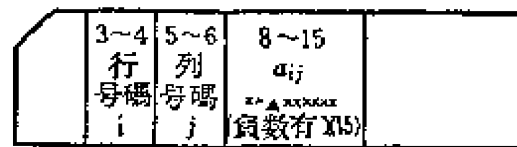


图 11.1 卡片的设计

表 11.1 卡片的种类

卡 片	特 征	計算上的用处
A	D3, X1	除数，被乘数
B	D3, X20	乘数
C	D3	加减运算的項
$C_X$	D3, X18	被除数
D	空 白	收受解答的后底

配綫图从略，計劃則大体上是：对于  $C_X/A$  的計算如表 11.2 所示，对于  $C-AB$  的計算則如表 11.3 所示。

在进行(11.2)形式的計算时，把卡片依

$A(a_{i^*j^*}), C_X(a_{i^*1}), D, C_X(a_{i^*2}), D, \dots, C_X(a_{i^*n}), D$  的次序送进(括号中表示卡片上穿孔的数值)。在进行(11.3)的形式的計算时，把卡片依

$A(a_{1j^*}), B(a'_{i^*1}), C(a_{11}), D, B(a'_{i^*2}), C(a_{12}), D, \dots, B(a'_{i^*n}), C(a_{1n}), D,$

① 鴨志田 清：第 2 回 PC セミナーテキスト，C4-2，日科技連，1956。

表 11.2  $C_X/A=D$ 

卡 片	PROG. STEP	OPER.	STOR.	COUNTER		STORAGE			PCH. STOR.	备 考
			(1R)	[1,2,3]	[5,6]	(2)	(3)	(4)	(7)	
A	P <sub>0</sub>					RI A				SKIP OUT, READ
C <sub>X</sub>	P <sub>0</sub>					RI C <sub>X</sub>				SKIP OUT, SKIP to P <sub>2</sub>
	P <sub>2</sub>			+C <sub>X</sub>		RO				
	P <sub>3</sub>		RI A							SKIP to P <sub>3</sub>
	P <sub>5</sub>	×0.5	RO	+						(为四舍五入用)
	P <sub>6</sub>	DIVIDE	RO	-	±Q					
	P <sub>7</sub>			RE	RO RE			RI Q		READ
D	P <sub>0</sub>									
	P <sub>1</sub>							RO RI &P Q		READ

表 11.3  $C-A \times B=D$ 

卡 片	PROG. STEP	OPER.	STOR.	COUNTER		STORAGE			PCH. STOR.	备 考
			(1R)	[1,2,3]	[5,6]	(2)	(3)	(4)	(7)	
A	P <sub>0</sub>					RI A				SKIP OUT, READ
B	P <sub>0</sub>		RI B							SKIP OUT, SKIP to P <sub>11</sub>
	P <sub>11</sub>	MPLY		±A×B		RO				
	P <sub>12</sub>			RO				RI		READ
C	P <sub>0</sub>					RI C				SKIP OUT, SKIP to P <sub>2</sub>
	P <sub>2</sub>			±C		RO				
	P <sub>3</sub>			±5×10 <sup>-7</sup>						(为四舍五入用)
	P <sub>4</sub>			RO RE				RI		READ
D	P <sub>0</sub>									
	P <sub>1</sub>							RO RI&P		READ

$A(a_{2,*}), B(a'_{i*1}), C(a_{21}), D, B(a'_{i*2}), C(a_{22}), D, \dots, B(a'_{i*n}), C(a_{2n}), D,$   
 $\dots$   
 $A(a_{m,*}), B(a'_{i*1}), C(a_{m1}), D, B(a'_{i*2}), C(a_{m2}), D, \dots, B(a'_{i*n}), C(a_{mn}), D$   
 的次序送进。

在鴨志田的配綫盘上,除了上面所說的以外,还作了一些其他的考虑,可以用来計算  $\sum A \times B$  和  $\sum C$ , 或是檢查行号碼、列号碼, 或是在解答卡片上作些适当的复写。

上述的作法对于穿有相同数值的 B 卡片各需要  $(m-1)$  張。这只需在計算前面的(11.2)时各放入  $(m-1)$  張 D 卡片。但是,也有把它集体穿孔在 O 卡片的别的場所再进行(11.3)形式的計算的方法。

在日本进行的綫性計算的实用例子,有与产业联关分析有关的 20 次和 38 次矩陣的逆矩陣計算<sup>①</sup>, 綫性规划的单纯形計算<sup>②</sup> (达  $m=30, n=60$  程度)。

計算時間,約略地說,与  $m^3$  成比例。在 602A 的場合,当  $m=20$  时,机械运轉時間大約 10 个小时。这个数字可以当作一个标准。

## § 12 定 积 分

計算函数  $f(x)$  从  $a$  到  $b$  的积分时,常用 Simpson 公式:

$$\begin{aligned}
 \int_a^b f(x) dx = \frac{2h}{3} & \left( \frac{1}{2} y_0 + 2y_1 + y_2 + 2y_3 + y_4 + \dots + y_{n-2} \right. \\
 & \left. + 2y_{n-1} + \frac{1}{2} y_n \right). \quad (12.1)
 \end{aligned}$$

① 通商产业大臣官房調査統計部編: 日本經濟の产业連关分析 (东洋經濟新报社, 1957), 后編第 4 章。

② 野村義茂: オペレーションズ・リサーチ, 1 (1956), 201~205.



表 12.1 数值积分(12.1)

卡 片	PILOT SELECTOR (X1) (X80) (偶 3) (奇 3)				PROG. STEP	OPER.	STOR.	COUNTER		STORAGE		SKIP
	1	2	3	4				[1, 2]	[3, 4, 5, 6]	(2)	(7)	
0, n	N	T			P <sub>0</sub>	$\times 0.5$		$+\frac{1}{2}y$		RI y		SKIP OUT
					P <sub>1</sub>					RO		READ
0 < i < n i = 奇	N	N	N	T	P <sub>0</sub>	$\times 2$		$+2y$		RI y		SKIP OUT
					P <sub>1</sub>					RO		READ
0 < i < n i = 偶	N	N	T	N	P <sub>0</sub>			$+y$		RI y		SKIP OUT
					P <sub>1</sub>					RO		READ
答	T				P <sub>0</sub>	MPLY	$RI\left(-\frac{2h}{3}\right)$	RO	$+I$			SKIP to P <sub>2</sub>
					P <sub>2</sub>			RE	RO			READ
					P <sub>3</sub>				RE to 5		RI <sup>(I)</sup> <sub>P</sub>	

式中  $n$  是偶数,  $h = (b - a) / n$ ,  $x_i = a + ih$ ,  $y_i = f(x_i)$  ( $i = 0, 1, \dots, n$ ).

用 602 A 计算穿孔机进行这个计算时, 可以依照下列的安排:

(1) 預先把  $y_i$  ( $i = 0, 1, \dots, n$ ) 的值穿在卡片上 (若是简单的函数, 也可以与计算同时进行积分)。

(2) 也要留有号码  $i$  的地位。但是能用  $x_i$  代替时也行。

(3) No. 0 和 No.  $n$  的卡片的 C80 上穿上 X 孔。这两张卡片的数值要乘上 1/2。

(4) No.  $i$  ( $i = 1, \dots, n-1$ ) 的卡片的数值, 在  $i$  是奇数时乘上 2, 偶数时不变; 之后送入计数器。为此, 用数字选择器选择号码  $i$  的个位数字, 若是偶数, 启动指示选择器 3, 若是奇数, 启动指示选择器 4, 依靠它们选择从 PROGRAM EXIT 来的脉冲。

(5) 后底卡片的 O1 上穿上 X 孔, 并且在适当的场所穿上  $2h/3$  的数值。读取这个数值以便在最后的乘法运算中用。解答就穿在这张卡片上。

根据以上的安排得出表 12.1 的计划表和图 12.1 的配线图①。

### § 13 代数方程

例如求四次方程

$$f(x) \equiv a_0x^4 + a_1x^3 + a_2x^2 + a_3x + a_4 = 0 \quad (13.1)$$

的根。若用 Newton 方法, 则从某一第 1 近似  $x_1$  开始, 反复使用

$$x_{n+1} = x_n - f(x_n) / f'(x_n) \quad (n = 1, 2, \dots), \quad (13.2)$$

计算第 2 近似  $x_2$ , 第 3 近似  $x_3$ ,  $\dots$ , 直到  $x_{n+1}$  与  $x_n$  在所要的位数上一致时停止。(13.2) 的  $f'(x)$  是  $f(x)$  的导数。

对于某一  $\alpha$ , 令

① 高田 勝: 第 2 回 PC セミナーテキスト, B4-4, 日科技連, 1956.

$$g(x) = -b_0x^3 + b_1x^2 + b_2x + b_3 \quad (13.3)$$

为  $(x-a)$  除  $f(x)$  所得的商,  $R$  为剩余; 又令

$$h(x) = c_0x^2 + c_1x + c_2 \quad (13.4)$$

为  $(x-a)$  除  $g(x)$  所得的商,  $S$  为剩余, 则有  $R=f(\alpha)$  及  $S=f'(\alpha)$ , 同时, 我們知道,  $g(x)$ ,  $h(x)$  的系数和  $R$ ,  $S$  可用下列的“综合除法”求得:

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= a_0, \\ b_1 &= a_1 + \alpha b_0, \\ b_2 &= a_2 + \alpha b_1, \\ b_3 &= a_3 + \alpha b_2, \\ R &= a_4 + \alpha b_3, \end{aligned} \right\} \quad (13.5)$$

$$\left. \begin{aligned} c_0 &= b_0, \\ c_1 &= b_1 + \alpha c_0, \\ c_2 &= b_2 + \alpha c_1, \\ S &= b_3 + \alpha c_2. \end{aligned} \right\} \quad (13.6)$$

現在來說明用 602 A 进行上述計算和 (13.2) 的計算的方法<sup>①</sup>。

先将卡片的设计作成象图 13.1 那样。计划表如表 13.1 所示。配线图则从略。[这个计划只要增加細目卡片 (detail card) 的張数, 对于任何次方程都可同样使用。]

操作是先准备 5 張 (一般說,  $k$  次方程要  $k+1$  張) 把系数  $a_i$  穿上孔的細目卡片。若它前面放上

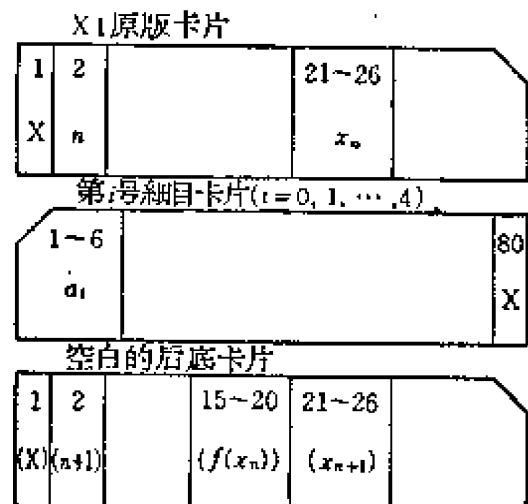


图 13.1 卡片的设计

① 近藤謙造: 第 1 回 PC セミナーテキスト, B 4-3, 1955; 高田 勝: 第 2 回 PC セミナーテキスト, B 4-4, 1956; 鴨志田 清: PC 資料 No. 53, 1956.



表 13.1  $x_n - f(x_n)/f'(x_n) = x_{n+1}$ 

PIL. SEL. (X1)(X80) 片 1 2	PROG. STEP	OPER.	STOR. (1R)	COUNTER		STORAGE							备 考
				[1, 2, 3]	[4, 5, 6]	(2R)	(3L)	(3R)	(4L)	(4R)	(6R)	(7)	
原 版 細 目	T	N	P <sub>0</sub>			RI $x_n$	RI 0	RI 0	RI 0	RI 0			SKIP OUT, READ
	N	T	P <sub>0</sub>								RI $a_i$		SKIP OUT, SKIP to P <sub>6</sub>
			P <sub>6</sub>	MPLY	$\pm b_{i-1} \times x_n$		$( b_{i-1} )$	$( b_{i-1} )$	$( c_{i-2} )$	$( c_{i-2} )$			
			P <sub>7</sub>		$\pm a_i$		RO				RO		PIL Sel. 5: NB[1, 2, 3] PIL Sel. 6: NB[4, 5, 6] DROPOUT, PICK UP
			P <sub>8</sub>		RO $b_i$ RE	RO $c_{i-1}$ RE	RI $b_i$	RI $b_i$	RI $c_{i-1}$	RI $c_{i-1}$			5N, 6N → READ 5N, 6T → P <sub>11</sub>
			P <sub>9</sub>				RO						
			P <sub>10</sub>		RO $ b_i $ RE		RI $ b_i $	RI $ b_i $					5T, 6N → READ
			P <sub>11</sub>						RO				
			P <sub>12</sub>			RO $c_{i-1}$ RE			RI $c_{i-1}$	RI $c_{i-1}$			READ
后 底	N	N	P <sub>0</sub>				$( f(x_n) )$	$( f(x_n) )$	$( f(x_n) )$	$( f(x_n) )$			
			P <sub>1</sub>		$+  f(x_n) $		RO			RO			
			P <sub>2</sub>	DIV		$+ Q$							
			P <sub>3</sub>		RE		RO						RI&P, PIL Sel. 5, 6 $f(x_n)$ DROPOUT
			P <sub>3</sub>			$\pm x_n$ RO $x_{n+1}$ RE							RI&P $x_{n+1}$ READ

穿有  $x=x_1$  的 X1 原版卡片,而在后面则放上 1 張空白卡片,送进机械。这样,后底卡片就在 O1 上穿上“X”,在 O15~20 上穿上  $f(x_1)$ ,在 O21~26 上穿上  $x_2$ ,而后出来。把它作为新的 X1 原版卡片进行同样的操作,就出来  $x_3$ ,这样地进行到  $x_{n+1}$  与  $x_n$  几乎完全一致时(或  $f(x_n)$  变得充分小时)停止。在某个实例中,从  $x_n$  进到  $x_{n+1}$  的一步计算大约化费了 20 秒(在四次方程的场合)。到收敛为止有 3 分钟就够了。

一般是根据第 1 近似  $x_1$  的取法而向不同的根收敛。开始先使  $x_1=0, 1, -1, 2, -2, \dots$  (用与上述同样的操作),求出  $f(x_1)$ ,把  $f(x)$  的图形的大致情况画下来,这样对计算会很方便。

[配线要点] 表 13.1 的计划中,在 No. i 细目卡片时,指令进行

$$a_i + b_{i-1}x_n = b_i, \quad b_{i-1} + c_{i-2}x_n = c_{i-1}$$

的计算(但是  $b_{-1}=c_{-2}=c_{-1}=0$ )。计数器[1, 2, 3]和[4, 5, 6]之中,在  $P_7$  終了时,若是负的,就利用从 NB (negative balance) 的插孔发出的脉冲,分别启动领导选择器 5, 6. 若 5 是 T ([1, 2, 3]之中所有的  $b_i$  是负的),就在  $P_9, P_{10}$  时把它变为  $|b_i|$ ; 若 6 是 T ( $c_{i-1}$  是负的),就在  $P_{11}, P_{12}$  时把它变为  $|c_{i-1}|$ ,并储存起来。在最后的细目卡片通过以后,存储器(3)中应有  $|f(x_n)|$ , (4)中应有  $|f'(x_n)|$ , 因此在后底卡片上进行除法运算  $f(x_n)/f'(x_n)$ , 求出  $x_{n+1}$ , 同  $f(x_n)$  一起穿孔送出。

## § 14 常微分方程

对一阶常微分方程

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y), \quad (14.1)$$

在初始条件:  $x=x_0, y=y_0$  下求解时,可用 Runge-Kutta 方法。根据这个方法,在从点  $(x_n, y_n)$  推进到下一个点:

$$x_{n+1} = x_n + h, \quad y_{n+1} = y_n + k \quad (14.2)$$

时,应进行下列计算:

表 14.1  $dy/dx = f(x, y)$  的积分

PILOT SELECTOR		PROG. STEP	OPER	STOR	COUNTER			STORAGE					備考	
(X1) 1	(cycling) 2 3 4			(1R)	[1,2,3]	[4,5]	[6]	(2R)	(3R)	(4R)	(6)	(7)		
T		P <sub>0</sub>								RI x <sub>0</sub>	RI y <sub>0</sub>	RI x <sub>0</sub>	RI y <sub>0</sub>	SKIP OUT READ
N		P <sub>0</sub>								(x <sub>n</sub> )	(y <sub>n</sub> )	(x <sub>n</sub> )	(y <sub>n</sub> )	
	N N N	P <sub>1</sub> ~P <sub>7</sub>				hf(x <sub>n</sub> , y <sub>n</sub> )								
		P <sub>8</sub>				RO RE	k <sub>1</sub>		RI k <sub>1</sub>					
		P <sub>9</sub>			+k <sub>1</sub>				RO					
		P <sub>10</sub>	×0.5			+k <sub>1</sub> /2	+h/2		RO					
		P <sub>11</sub>				+y <sub>n</sub>	+x <sub>n</sub>					RO	RO	
		P <sub>12</sub>				RO RE	y' <sub>n</sub>	RO RE	x' <sub>n</sub>	RI x' <sub>n</sub>	RI y' <sub>n</sub>			
	T N N	P <sub>1</sub> ~P <sub>7</sub>				hf(x' <sub>n</sub> , y' <sub>n</sub> )								
		P <sub>8</sub>				RO RE	k <sub>2</sub>		RI k <sub>2</sub>					
		P <sub>9</sub>	×2		+2k <sub>2</sub>				RO					
		P <sub>10</sub>	×0.5			+k <sub>2</sub> /2	+h/2		RO					
		P <sub>11</sub>				+y <sub>n</sub>	+x <sub>n</sub>					RO	RO	
		P <sub>12</sub>				RO RE	y'' <sub>n</sub>	RO RE	x'' <sub>n</sub>	RI x'' <sub>n</sub>	RI y'' <sub>n</sub>			
	T T N	P <sub>1</sub> ~P <sub>7</sub>				hf(x'' <sub>n</sub> , y'' <sub>n</sub> )								
		P <sub>8</sub>				RO RE	k <sub>3</sub>		RI k <sub>3</sub>					
		P <sub>9</sub>	×2		+2k <sub>3</sub>				RO					
		P <sub>10</sub>				+k <sub>3</sub>	+h		RO					
		P <sub>11</sub>				+y <sub>n</sub>	+x <sub>n</sub>					RO	RO	
		P <sub>12</sub>				RO RE	y''' <sub>n</sub>	RO RE	x''' <sub>n</sub>	RI x''' <sub>n</sub>	RI y''' <sub>n</sub>			
	T T T	P <sub>1</sub> ~P <sub>7</sub>				hf(x''' <sub>n</sub> , y''' <sub>n</sub> )								
		P <sub>8</sub>				RO RE	k <sub>4</sub>		RI k <sub>4</sub>					
		P <sub>9</sub>			RI "6"	+k <sub>4</sub>	+h		RO					
		P <sub>10</sub>	DIV	RO	-	+Q=k								
		P <sub>11</sub>			RE	+y <sub>n</sub>	+x <sub>n</sub>					RO	RO	
		P <sub>12</sub>				RO RE	y <sub>n+1</sub>	RO RE	x <sub>n+1</sub>	RI x <sub>n+1</sub>	RI y <sub>n+1</sub>	RI x <sub>n+1</sub>	RI y <sub>n+1</sub>	READ
N	T T T T	P <sub>0</sub>										Pch	Pch	

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= hf(x_n, y_n), \\ k_2 &= hf(x_n + h/2, y_n + k_1/2), \\ k_3 &= hf(x_n + h/2, y_n + k_2/2), \\ k_4 &= hf(x_n + h, y_n + k_3), \\ k &= (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)/6. \end{aligned} \right\} \quad (14.3)$$

若函数  $f(x, y)$  是象  $-y$ ,  $y+x^2$  或  $y-y^2$  这样简单的函数, 则这些计算可以用 602 A 象表 14.1 那样地进行<sup>①</sup>。

表 14.2  $h(y-y^2)$  的计算部分

1	2 3 4	PROG.	OPER.	(1R)	[1, 2, 3]	[4, 5]	[6] (2R)	(3R)	(4R)	(6)	(7)	备考
		P <sub>1</sub>		RI y		+hy		(x)	(y) RO			
		P <sub>2</sub>	MPLY	RO		-hy <sup>2</sup>						SKIP to P <sub>8</sub>

表 14.1 中, P<sub>1</sub>~P<sub>7</sub> 的部分是用来从  $x, y$  计算  $hf(x, y)$  的。例如  $f(x, y) = y - y^2$  时, 象表 14.2 那样作就行了 (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> 之间将计数器 [4, 5, 6] 耦合使用)。

在用来送入初始值  $x_0, y_0$  的 X1 卡片的后面, 随便放进多少张空白卡片。放进多少张空白卡片, 就计算多少步数, 解答被穿在各张卡片上送出。然后由会计机将它们记录下

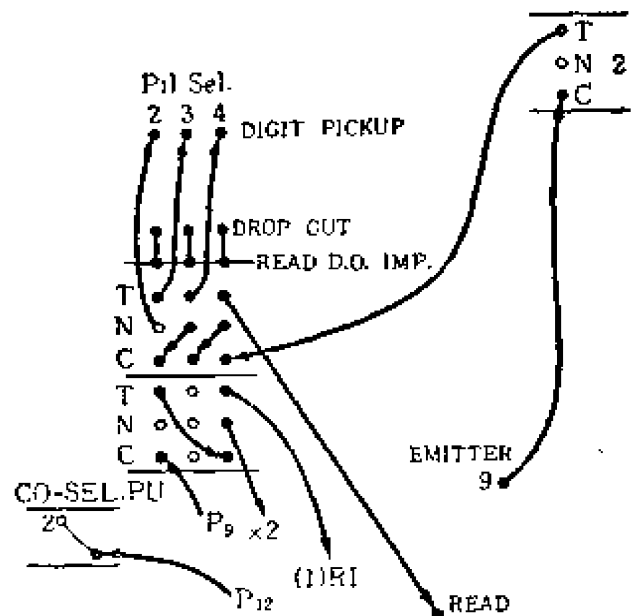


图 14.1 周期的循环

① 藤川洋一郎: 602 A 計算穿孔机による微分方程式の解法, 第 2 回 IC セミナーテキスト, B 4-6, 日科技連, 1956.

米。

[配綫說明] 对領示選擇器 2, 3, 4 进行象图 14.1 那样的周期循环的配綫, 就可利用 NNN, TNN, TTN, TTT 的状态变化来选择  $P_9$  和  $P_{10}$  的脉冲。

机械在 READ 插孔上沒有收到脉冲时, 从  $P_{12}$  回到  $P_1$ , 一直重复程序。若作成了具有上面那样的配綫, 則  $P_1 \sim P_{12}$  重复 4 次后, 就在最后的  $P_{12}$  上脉冲进入 READ, 而轉入了下一張卡片的讀取周期。在这个周期結束时, 領示選擇器 2, 3, 4 回到 NNN。

## § 15 万能計算盘

島内<sup>①</sup>想出了在 602A 計算穿孔机上进行卡片程序設計的方法, 并将为了达到这个目的的配綫盘命名为万能計算盘。

卡片的设计如图 15.1 所示。其他各栏用作数值的号碼和卡片的排列号碼。041~80 留为空栏, 这样, 把卡片反过来还可再使用一次。变动小数点的位置时, 为了便于記憶, 用 023~24 上穿了孔的数字来表示(这个穿孔与机械沒有关系)。

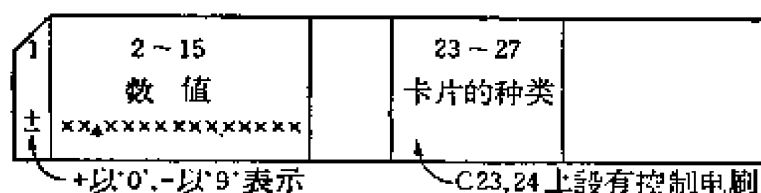


图 15.1 卡片的设计

卡片的种类和它的操作如表 15.1 中所示(023~27 上有无 X 穿孔, 在表中以  $\times$   $\bigcirc$  表示)。

A, B, C 是存数室, D 是計算室。A 使用(1L), (1R), (2R); B 使用(3L), (3R), (4L), (4R); C 使用(6L), (6R), (7R); D 使用把[1, 2, 3, 4, 5, 6]耦合起来的 30 位計数器(只有在进行除法运

① 島内武彦: “万能計算盘”, 日科技速, 第 2 回 PC セミナーテキスト, B3 (1956)。

表 15.1 卡片的种类和操作

名称	O23	O24	O25	O26	O27	数值	操 作	备 考
甲	×	×	○	○	×	无	空白指令	
乙	○	×	○	○	×	有	将数值送入 A	
丙	×	○	○	○	×	有	将数值送入 B	
丁	×	×	○	×	×	无	$+A \times B \rightarrow D$	A 消去, B 留下
戊	×	×	×	×	×	无	$-A \times B \rightarrow D$	A 消去, B 留下
己	×	×	×	○	×	无	$1/A \rightarrow C$ (到小数点以下 5 位)	D 消去, A 留下
庚	○	×	○	×	×	有	将数值送入 A, $+A \times B \rightarrow D$	A 消去, B 留下
辛	○	×	×	×	×	有	将数值送入 A, $-A \times B \rightarrow D$	A 消去, B 留下
壬	○	×	×	○	×	有	将数值送入 A, $1/A \rightarrow C$	D 消去, A 留下
丑	×	○	○	×	×	有	将数值送入 B, $+A \times B \rightarrow D$	A 消去, B 留下
寅	×	○	×	×	×	有	将数值送入 B, $-A \times B \rightarrow D$	A 消去, B 留下
卯	×	×	○	○	○	无	停止机械	在这张卡片后面放上 2 张“甲”卡片
辰	○	○	×	○	×	无	$D \rightarrow C$	D 成为 0
巳	○	○	×	×	×	无	$C \rightarrow A$	C 留下
午	○	○	○	×	×	无	$C \rightarrow B$	C 留下
未	○	○	○	○	○	无	C 的数值穿孔, 转为“乙”或“丙” <sup>①</sup>	C 留下

① 下一张卡片若是 NX 26, 转为“乙”;若是 X 26, 转为“丙”。

算时才把 [1, 2, 3] 和 [4, 5, 6] 分开)。

A 的数值在进行乘法运算 ( $A \times B$ ) 时被清除掉, 但在算倒数 ( $1/A$ ) 时保存下来。B, C 的数值在送入新数值之前, 可以使用任意次。D 中若送入新的数值, 则就将此数值加到 (代数地相加) 已在其中的数值上。若把 D 的数值转移到其他的室内, D 中就变为“0”。

**例 1 单纯的乘法运算** 在计算  $3.16 \times 5.28$  时, 让下面排列的卡片 (括号中表示穿孔的数值) 通过机械:

乙(+3.16), 丙(+5.28), 丁, 辰, 未。

这样, 在最后的“未”卡片上就有解答被穿出(成为“乙”卡片)。

把这个计算过程详细表示出来, 就如表 15.2 所示。

表 15.2  $3.16 \times 5.28$

卡 片	操 作	A	B	C	D	穿 孔
乙(+3.16)	$+3.16 \rightarrow A$	$+3.16$				
丙(+5.28)	$+5.28 \rightarrow B$		$+5.28$			
丁	$+A \times B \rightarrow D$	—			$+16.6848$	
辰	$D \rightarrow C$			$+16.6848$	0	
未	$C \rightarrow \text{穿孔}$					$+16.6848$

**例 2  $a(b+c)^3$  的计算** 把卡片排列成

丙(b), 庚(1), 丙(c), 庚(1), 辰, 巳, 午, 丁, 辰, 巳, 丁, 辰, 巳, 丙(a), 丁, 辰, 未, 经过表 15.3 的过程, 得出解答。

表 15.3  $a(b+c)^3$

卡 片	操 作	A	B	C	D	穿 孔
丙 (b)	$b \rightarrow B$		$b$			
庚 (1)	$1 \rightarrow A, +A \times B \rightarrow D$	(1)			$b$	
丙 (c)	$c \rightarrow B$		$c$			
庚 (1)	$1 \rightarrow A, +A \times B \rightarrow D$	(1)			$b+c$	
辰	$D \rightarrow C$			$b+c$	0	
巳	$C \rightarrow A$	$b+c$				
午	$C \rightarrow B$		$b+c$			
丁	$+A \times B \rightarrow D$	—			$(b+c)^2$	
辰	$D \rightarrow C$			$(b+c)^2$	0	
巳	$C \rightarrow A$	$(b+c)^2$				
丁	$+A \times B \rightarrow D$	—			$(b+c)^3$	
辰	$D \rightarrow C$			$(b+c)^3$	0	
巳	$C \rightarrow A$	$(b+c)^3$				
丙 (a)	$a \rightarrow B$		$a$			
丁	$+A \times B \rightarrow D$	—			$a(b+c)^3$	
辰	$D \rightarrow C$			$a(b+c)^3$	0	
未	$C \rightarrow \text{穿孔}$					$a(b+c)^3$

**例3 平方根** 求  $\sqrt{a}$  时,把小数点移动(2位的倍数),使  $a$  取1到100之间的数值。让如下排列的卡片通过机械:

丙(1.5),庚(1),丙( $a$ ),庚(0.16667)

[辰,巳,午,己,庚(1),巳,丙( $a$ ),丁,辰,午,庚(0.5)]<sup>6</sup>,辰,未,

可以得出准确到5位数的  $\sqrt{a}$  (表15.4)。

表15.4  $\sqrt{a}$  的计算

卡 片	操 作	A	B	C	D	备 考
丙(1.5)	1.5 $\rightarrow$ B		1.5			
庚(1)	+1 $\times$ B $\rightarrow$ D	—			1.5	
丙( $a$ )	$a \rightarrow$ B		$a$			
庚(0.16667)	+0.16667 $\times$ B $\rightarrow$ D	—			$\frac{1}{2}\left(3 + \frac{a}{9}\right) = b_1$	( $\sqrt{a}$ 的第1近似)
辰	D $\rightarrow$ C			$b_n$	0	重复6次 ( $n=1\sim 6$ )
巳	C $\rightarrow$ A	$b_n$				
午	C $\rightarrow$ B		$b_n$			
己	1/A $\rightarrow$ C			$1/b_n$	0	
庚(1)	+1 $\times$ B $\rightarrow$ D	—			$b_n$	
巳	C $\rightarrow$ A	$1/b_n$				
丙( $a$ )	$a \rightarrow$ B		$a$			
丁	+A $\times$ B $\rightarrow$ D				$b_n + a/b_n$	
辰	D $\rightarrow$ C			$b_n + a/b_n$	0	
午	C $\rightarrow$ B		$b_n + a/b_n$			
庚(0.5)	+0.5 $\times$ B $\rightarrow$ D	—			$\frac{1}{2}\left(b_n + \frac{a}{b_n}\right) = b_{n+1}$	( $\sqrt{a}$ 的第 $n+1$ 近似)
辰	D $\rightarrow$ C			$b_7$	0	
未	C $\rightarrow$ 穿孔					穿孔 $b_7$

**例4 倒数** 把  $a$  的倒数  $1/a$  准确求到10位左右时,只须如下的排列卡片:

乙( $a$ ),己,午,丁,辰,巳,戊,庚(2),辰,未

就行了(表15.5)。其中,“己,午,丁,辰,巳,戊,庚(2),辰”简称为



“申”。它进行着把数  $A$  的倒数准确地计算到 10 位程度,并再存储到  $C$  中去的操作。

表 15.5 倒数  $1/a$  (10 位程度)

卡片	操 作	A	B	C	D	备 考
乙 己	$a \rightarrow A$ $1/A \rightarrow C$	$a$		$c_0$	0	$c_0$ 是 $1/a$ 的第 0 近似值
午 丁 辰 巳 戊 庚(2)	$C \rightarrow B$ $+A \times B \rightarrow D$ $D \rightarrow C$ $C \rightarrow A$ $-A \times B \rightarrow D$ $+2 \times B \rightarrow D$	— — $ac_0$ —	$c_0$	$ac_0$	$ac_0$ 0 $-ac_0^2$ $2c_0 - ac_0^2 = c_1$	$c_1$ 是 $1/a$ 的第 1 近似值
辰 未	$D \rightarrow C$ $C \rightarrow$ 穿孔			$c_1$	0	穿孔 $c_1$

島内設計了下列計算用的卡片的基础排列:

(1) 单項式:  $ab, abc, abcd, a_1a_2 \cdots a_n, a^2, a^3, a^n, ab^2, ab^3, ab^2c^3, a^lb^mc^nd^p$  ( $l, m, n, p$  是正整数),  $1/a$  (10 位),  $1/a$  (14 位),  $b/a, de^3/ab^2c^2, \sqrt{a}, 1/\sqrt{a}, \sqrt[3]{a}, 1/\sqrt[3]{a}$ .

(2) 含有和、差等的单項式:  $a(b+c), a(b+c)(d+e+f)(g+h), a(b+c)^3, (a+b)/(c+d), (ad-bc)^2/(a+b)(c+d), (abc+def)^2/(ab-ef), \{[(ab+cd)e+fg]h+jk\}l+mn$ .

(3) 多項式:  $a+b+c+d, ab+cd+ef, abc+def+ghi, abcd+efgh, abcd+efgh+ijkl, ax^3+bx^2+cx+d, l(ab-cd)^2+m(ab-cd)+n, a/b+c/d+e/f$ .

(4) 各种代数式:  $\sin x, \cos x, \log x$ ; 二次方程的根, 高次代数方程的根;  $\sum x^2, \sum y^2, \sum 2xy$ ; 三次行列式; 矩陣的乘积。

[注] 作为实际使用上的注意,补充以下几点:

(1) 送进存数室  $A, B, C$  的数值不能大于 100.

- (2) 由“己”，“子”进行倒数计算的数值不能小于 0.1.
- (3) 想要多得几张同一解答的卡片时，只须多迭放几张“未”卡片。
- (4) 非常简单地变换一下配线，就可作绝对值的计算。只在计算的一部分上求绝对值时，在它前后放上“卯，甲，甲”，这时可停下机械变换配线。

## 附录 UNIVAC-60 的基本配线

Remington Rand<sup>①</sup>的 UNIVAC-60 和 UNIVAC-120 都是计算穿孔机中的一种,它们的特征是计算利用电子方式进行(在这一点上它们与 IBM 的 604 等相似)。UNIVAC-60 有 6 个 10 位的存储器,UNIVAC-120 有 12 个。配线的原理完全相同,也是使用同样的配线盘。好象这个公司的电子计算机全都是以“UNIVAC 某某号”来命名的,单称 UNIVAC 容易引起混乱,因此今后只对 UNIVAC-60 加以叙述,而这些内容对 UNIVAC-120 也全都适用。

UNIVAC-60 所用的卡片,与其他 Remington Rand 的穿孔卡计算机上所用的卡片是一样的;虽然它的尺寸与 IBM 的相同,但是分为上下两段,各有 45 栏,一共有 90 栏可以使用(图 1\*)。

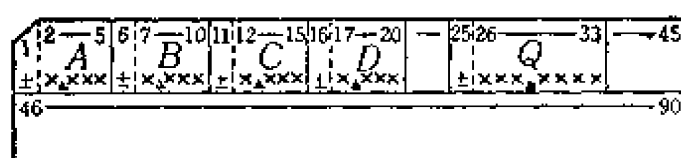


图 1\* 卡片的设计

卡片由送卡斗一送进来,就先由卡片读取机构读出,再由卡片穿孔机构穿孔,落到受卡盒。送卡的速度是每分钟 150 张,一般具有这样的计算速度,即卡片从读取机构走到穿孔机构这段时间内计算结束(特别在重复多而费时间的计算场合,卡片等着不动,一直等到计算结束)。

计算的计划在程序设计表上考虑,根据计划在两面配线盘上

<sup>①</sup> 全名为 Remington Rand Univac, Division of Sperry Rand Corporation.

进行配綫。計算过程可以在程序檢驗盘上加以監視,并且还可以慢慢地循序檢查。

**例 1**  $(A \times B + C) \div D = Q$  的計算  $A, B, C, D$  每个都是  $\pm \times \times \times \times$  形式的数,解答  $Q$  以  $\times \times \times \times \times \times$  的形式求出。

卡片的设计作成如图 1\* 所示。例如  $A$  的符号用 C1 上有没有“0”来表示(有“0”就是負的)。而它的数值用 C2~5 上的穿孔来表示。

計算的计划制订成象表 1\* 和表 2\* 那样。表 1\* 中,从卡片面上讀出的数值  $A, B, C, D$  分別用 N1, N2, N3, N4 表示(詳見表 3\*)。計算中得出的中間数值和最后結果都送入存儲器 S1, S2, S3。这样,計算依 No. 1, 2, 3 的順序进行就行了。因此,如表 2\* 左上所記的,从 START 先进入 STEP 1,在 STEP 1,如表 1\* 所示, N1 和 N2 相乘,把結果送入 S1,接着就进入 STEP 2,在 STEP 2, S1 和 N3 相加,把結果送入 S2。其次是 STEP 3,将 S2 用 N4 除,解答送入 S3。到此完成計算,由 SET J 把要穿孔的解答 (S3 中的  $Q$ ) 設置到穿孔裝置上。再其次,如表 2\* 中所規定的是 TRIP,就是在卡片上穿孔,送到受卡盒。这样就完成了卡片的全部程序。

表 1\* 計 划 表 (1)

No.	EQUATION		BRANCHING		EXPLANATION
	V1	PROC. V2 R	+	-	
1	N1	$\times$ N2=S1	2	2	$A \times B$
2	S1	$+$ N3=S2	3	3	$A \times B + C$
3	S2	$\div$ N4=S3	SET I	SET 1	$(A \times B + C) \div D = Q$
4					
5					
20					

表 2\* 右侧的一栏表示以下的事项：——若验算不对要重新开始(restart)时，应该从哪一个步骤(表 1\* 中的各行)开始重新计算(从程序的最初开始全部重新计算时，写作 PROGRAM)。除法运算时，分母(除数)若是 0，就应该停止(要送到另外的受卡盒时，写作 SORT)。在计算的中途可以不可以用手动操作使存储器里面成为 0，等等。

表 2\* 计划表 (2)

SPECIAL FUNCTIONS		
START → STEP 1	RESTART	STEP
CLEAR →	$N \div 0$	STOP
SET I → TRIP	$0 \div 0$	STOP
SET II →	MANUAL CLEAR	O. K.
SORT I →	REPRO	
SORT II →	SKIP	
SEL I →	SET HOLD	
SEL II →	REPRO. FROM	REPRO. TO
SEL III →		
SEL IV →		

【注】表 1\* 中的 EQUATION (方程)一栏表示各个步骤中所进行的演算。演算记为 PROC. (process)，对它们进行这个演算的两个值(value)各记为 V1, V2，演算的结果记为 R (result)。演算定为 +, -, ×, ÷ 四种，作为 V1, V2, R 要指定单元(N1, N2, 等)或存储器(S1, S2, 等)。单元是从卡片面上读出的数值，或是在机械内部发生的常数(constant)，那一个单元指的是什么，列于表 3\* 中。

表 1\* 中的 BRANCHING (转移)一栏表示，某一步骤完了后再进到哪里去。结果是 + 和 - 时，可以进到不同的地方；但在目前这个例子中，+, - 都进到同一个地方。



## UNIVAC 120

CONSTANT &amp; PROGRAM PANEL

图 2\*  $(1 \times B + C) \div D = Q$  的配线 (1)

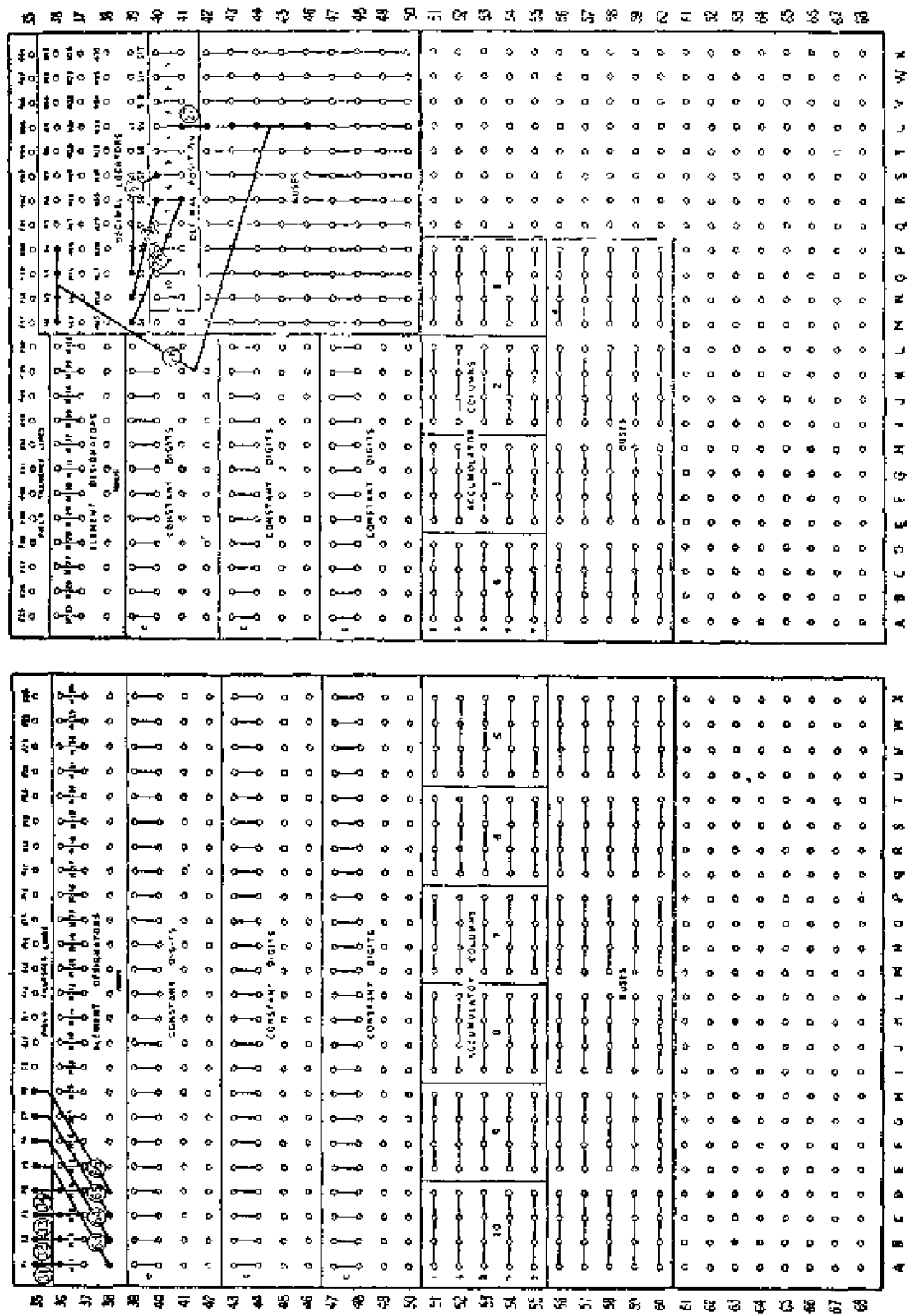
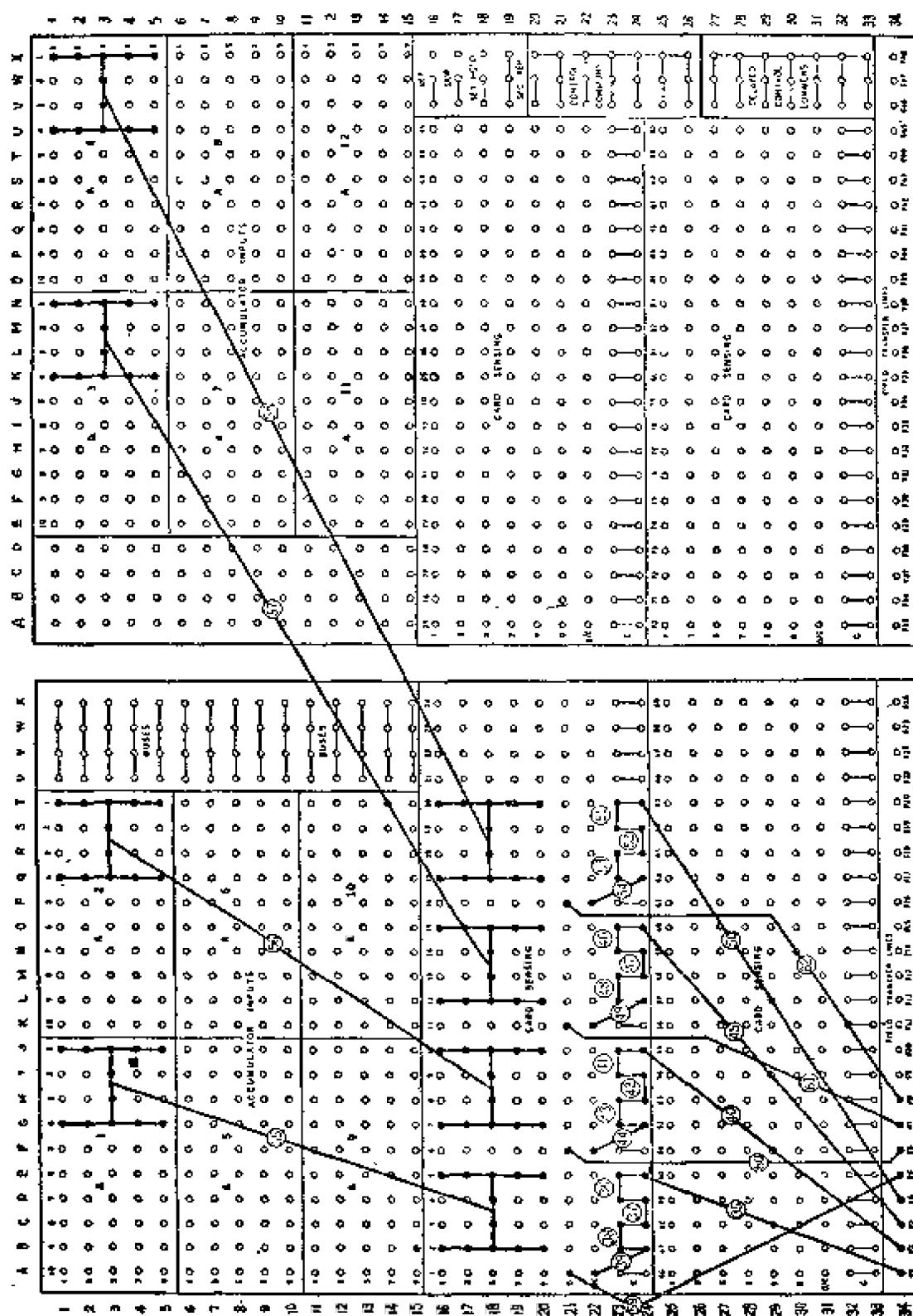


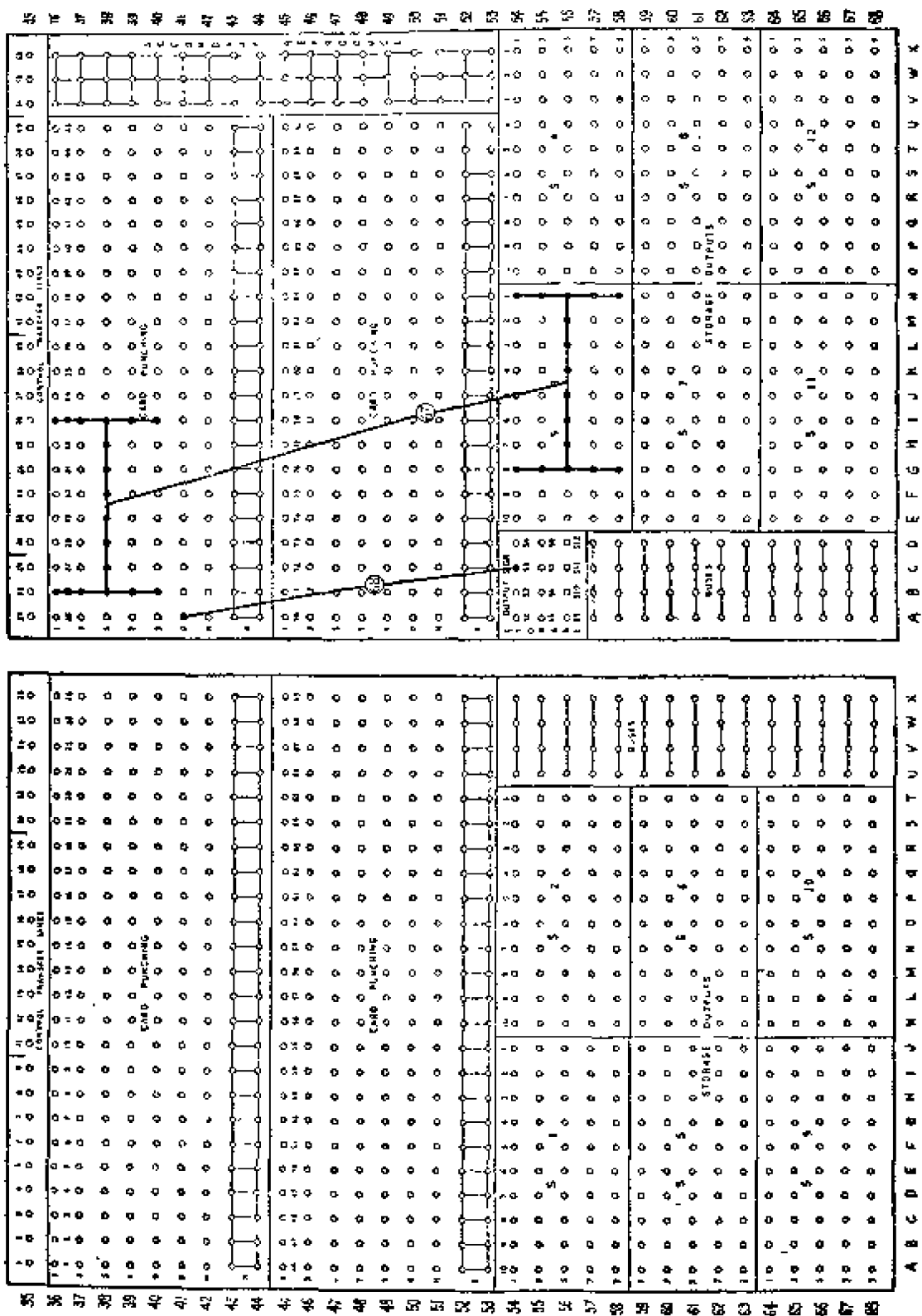
图 2\* (续)



## UNIVAC 120

INPUT &amp; OUTPUT PANEL

图 3\*  $(A \times B + C) \div D = Q$  的配线 (2)



单元的指定情况用表 3\* 的形式表示。例如,单元 N1 代表  $A$ ,它是在卡片 C2~5 读出的数值上添上用 C1 的“0”所表示的符号(有“0”是-,没有是+)而组成的。把它送入累加器(accumulator)时,是放在累加器的 C4~1,小数点放在 C4 和 C3 之间。单元 N2, N3, N4 也是作同样的解释。

存储器的指定情况用表 4\* 的形式表示。存储器 S1 是存储  $A \times B$  的,但因一般是有 8 位有效数字的数,所以它被放在 C8~1 中。小数点在 C7 和 C6 之间( $A, B$  都是小数点后有 3 位的数,因此  $A \times B$  是小数点后有 6 位的数)。S2 这行也作同样的解释。S3 是存储解答  $Q = (A \times B + C) \div D$  的,商是以求到小数第 5 位的形式放在 C8~1,小数点放在 C6 和 C5 之间。

把  $D$  的数值限制在 0.1 以上,就不必担心有溢出。用 SET I 把这个存储器 S3 设置好,在卡片的 C26~33 上穿以数值,用 C25 的“0”穿孔表示-。CLEAR 在这个问题上没有必要(因为读入新的数值时,前面的数值就自动地消失了)。

根据以上的计划所作的配线如图 2\* 和图 3\* 所示。

〔配线说明〕 ①~⑨是指定程序步骤间的连结方式的。即,①表示从开始转入步骤 1, ②, ③表示不论步骤 1 的结果是正或负都转入步骤 2。同样地,④, ⑤表示从步骤 2 转入步骤 3, ⑥, ⑦表示从步骤 3 转入 SET I (在从⑥, ⑦连结到⑧上去时,用了复接插孔来代替分裂接线)。⑨表示在 SET I 完了后转入 TRIP。

从⑩到⑳表示表 1\* 中 EQUATION 的部分。就是,⑩表示步骤 1 的 V1 是单元 N1, ⑪表示 V2 是单元 N2。并且⑫表示 R 是存储器 S1 的内容,⑬表示那个演算是“乘”。以下类同。

⑭指定用 SET I 设置的存储器是 S3。

⑮指定验算不对而重新开始时,从这一步骤起重新计算; ⑯和⑰指定除法运算时分母若为 0 机械就停止。

⑱, ⑲表示单元 N1, N2, N3, N4 的小数点的位置在 4 和 3 之间(⑲的

画法是从4个插孔各连一根配线的简化表示)。②, ③表示S1, S2的小数点在7和6之间; ④表示S3的小数点在6和5之间。

①, ②, ③, ④是为了把单元N1, N2, N3, N4的输出信号传到INPUT & OUTPUT PANEL (图3\*)而送入FIELD TRANSFER LINES的F1, F2, F3, F4。这些插孔分别与图3\*的F1, F2, F3, F4相连接, 因此来到这里的脉冲分别通过⑤, ⑥, ⑦, ⑧而进入C (call)插孔和O/C (零call)插孔。由此向机械中输入对应栏中的穿孔内容。此时所需的数值的输入通路是⑨~⑬。1, 6, 11, 16行的0表示各个数值的符号(-)的信号, 是经过⑭~⑯进入FIELD TRANSFER LINES的F5~F8, 出现在CONSTANT & PROGRAM PANEL (图2\*)的F5~F8, 之后通过⑰~⑳分别进入单元N1~N4的MINUS插孔。

㉑(图3\*)是把存放在存储器S3中的解答穿孔到卡片的C26~33上去的通路, ㉒是把它的符号(-)的脉冲传到C25的“0”插孔去的通路。

**例2 平方根的计算** 正数A的平方根的第*i*近似值如果为 $R_i$ , 则可求出第(*i*+1)近似值为

$$R_{i+1} = \frac{1}{2} \left( R_i + \frac{A}{R_i} \right)$$

(Newton 方法)。第0近似值取为 $R_0=1$ , 就有 $R_1=(A+1)/2$ 。只要不是 $A=1$ ,  $R_1$ 一定比 $\sqrt{A}$ 大。从此按上述方法求出 $R_2, R_3, \dots$ , 在 $A/R_i - R_i < 0$ 期间继续进行计算, 作到 $A/R_i - R_i \geq 0$ 时停止。将这种计算编成UNIVAC-60的程序如表5\*所示。这个程序的特色是: 根据步骤4结束时的转移, 决定或是进入第(*i*+1)近似, 或是停止反复而进行调位。(其他的步骤上结果一定是正的, 因此用不着从一插孔配线。)

值得注意的是使用UNIVAC-60进行线性计算的实例有: 中部电力的逆矩阵的计算①、吉泽会计机的科室职员所作的线性规

① 中部电力株式会社: “UNIVAC-60による連立方程式および逆行列の数値解法について”, SYSTEMS, No. 8 (July, 1956), 34~49.

划单纯形计算<sup>①</sup>等。

表5\*  $\sqrt{A}$  的计算

号 碼	EQUATION	BRANCH		說 明
	V1 P V2 R	+	-	
1	$N1 + N2 = S1$	2		$A+1 = A/R_0 + R_0$
2	$S1 \div N3 = S2$	3		$(A/R_{i-1} + R_{i-1})/2 = R_i$
3	$N1 \div S2 = S3$	4		$A/R_i$
4	$S3 - S2 = S1$	SET I	5	判断 $A/R_i - R_i \approx 0$
5	$S3 + S2 = S1$	2		$A/R_i + R_i$

特殊函数

START $\rightarrow$ STEP 1		RESTART	STEP
SET I $\rightarrow$ TRIP		MAN. CL.	O. K.
单 元	$N1 = A, N2 = "1", N3 = "2"$		
存儲器	$S1 = \frac{A}{R_i} + R_i, S2 = R_i, S3 = \frac{A}{R_i}$		

① 多田誠澄：“UNIVAC-60 による SIMPLEX METHOD のよき方”，SYSTEMS, No. 9 (Oct., 1956), 58~66.

## 参 考 书

穿孔卡计算机的制造厂以种种形式将有关使用方法的知識提供給用戶。例如,对于 IBM 602 A 計算穿孔机,基础的事項都写在下列书中:

IBM, Electric Punched Card Accounting Machines, Principles of Operation, Calculating Punch Type 602-A, International Business Machines Corporation, New York, Form 22-5489-7;

Principles of Operation, Bulletin 66 (revised), Timing Charts, Type 602-A, 22-6023-1, IBM, 1952.

更进一步的使用方法則写在:

IBM, Applied Science Department Technical Newsletter, No.3, 1951.

此外,还有象 IBM 召开的 Educational Research Forum (1947), Scientific Computation Forum (1948), Seminar on Scientific Computation (1949), Computation Seminar (1949), Industrial Computation Seminar (1950) 一些會議的記錄。

再如,对于 UNIVAC-60 和 120, 有:

UNIVAC 60 and 120 Punched-Card Electronic Computers, operating instructions, Remington Rand,

和相当于这个資料的日譯介紹。至于

Fred Gruenberger: Computing Manual (The University of Wisconsin Press, 1953),

Fred Gruenberger: Diagrams in Punched Card Computing (The University of Wisconsin Press, 1954)

都收集有 IBM 机械 (前者只含 602 A, 后者包含 604 和 CPC) 上的各种特殊的配綫,很有意思。

## 现代应用数学丛书

书 名	原作者	译者	书 名	原作者	译者
代 数 学	弥永昌吉等	熊全淹	非 綫 性 振 动 論	古 屋 茂	呂紹明
几 何 学	矢野健太郎	孙澤瀛	力 学 系 与 論	岩 田 又 一	孙澤瀛
复 变 函 数 論	功力金二郎	刘书琴	平 面 彈 性 論	森 口 繁 一	刘亦珩
集 合 拓 扑 測 度	河 田 敬 义	賴英华	有 限 变 位 彈 性 論	山 本 善 一 夫	刘亦珩
泛 函 分 析	吉 田 耕 作	程其襄	变 形 几 何 学	近 藤 文 一 郎	刘亦珩
广 义 函 数	岩 村 联	楊永芳	粗 性 論	鷺 津 文 一 郎	刘亦珩
常 微 分 方 程	福 原 滿 洲 雄	張庆芳	粘 性 流 体 理 論	谷 一 郎	刘亦珩
偏 微 分 方 程	南 云 道 夫	錢端仕	可 压 缩 流 体 理 論	河 村 龙 馬	刘亦珩
特 殊 函 数	小 谷 正 雄 等	錢端仕	网 絡 理 論	喜 安 善 市 等	陆志刚
差 分 方 程	福 田 武 雄	穆鴻基	自 动 控 制 理 論	喜 安 善 市 等	程立林
富 里 哀 变 換 与 換	河 田 龙 夫	錢端仕	网 絡 拓 扑 学	近 藤 一 夫	張 殷
拉 普 拉 斯 变 換	加 藤 敏 夫	周怀生	信 息 論	喜 安 善 市 等	李文清
变 分 法 及 其 应 用	岩 堀 长 庆	孙澤瀛	推 断 統 計 过 程 論	北 川 敏 男	刘璋温
李 群 論	伊 藤 清	刘璋温	統 計 分 析	森 口 繁 一	刘璋温
随 机 过 程	山 内 恭 彦 等	張廣賢	試 驗 設 計 法	增 山 元 三 郎	刘璋温
回 轉 群 与 对 称 用	伏 見 康 治	孙澤瀛	群 体 遺 傳 学 的 論	木 村 資 生	刘祖洞
結 晶 統 計 与 代 数	犬 井 鉄 郎 等	楊永芳	数 学 理 論	官 澤 光 一	張毓椿
偏 微 分 方 程 的 应 用*	加 藤 敏 夫 等	王占瀛	博 綫 性 規 划 的 論	森 口 繁 一	刘源張
微 分 方 程 的 解 法*	森 口 繁 一 等	閻昌齡	經 济 理 論 中 的 方 法	安 井 孫 磨 等	談祥柏
数 值 計 算 法	朝 永 振 一 郎	周民强	随 机 过 程 的 应 用	河 田 龙 夫	刘璋温
量 子 力 学 方 法	近 藤 一 夫 等	刘亦珩	計 算 技 术*	高 桥 秀 俊	姚 晋
工 程 力 学 系 統			穿 孔 卡 計 算 机	森 口 繁 一	刘源張

注： 本丛书中除注有 \* 者外均已出版，有 \* 者即将于最近出书。